

**Белорусский национальный технический университет
Факультет транспортных коммуникаций
Кафедра «Механизация и автоматизация дорожно-строительного
комплекса»**

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Технология производства и ремонта машин

для специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные,
дорожные машины и оборудование (по направлению)»

Составитель: М.М. Гарост, доцент кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса».

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА (ВВЕДЕНИЕ)

Электронный учебно-методический комплекс (далее – ЭУМК) «Технология производства и ремонта машин» предназначен для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (по направлениям)». В ЭУМК рассматриваются методы производства и ремонта изделий строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования.

При написании учебно-методического комплекса использованы материалы, изложенные в учебниках, учебных пособиях, методических указаниях, технических нормативно-правовых актах, научных статьях, материалах научно-практических конференций. Настоящий учебно-методический комплекс отражает опыт преподавания данной дисциплины, накопленный на кафедре «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса» БНТУ.

Цели ЭУМК

Целью ЭУМК является формирование у студентов знаний и практических навыков, необходимых для профессионального выполнения обязанностей инженера в области производства, ремонта и утилизации строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования.

Особенности структурирования и подачи учебного материала

ЭУМК включает учебные, научные и методические материалы по учебной дисциплине «Технология производства и ремонта машин». Состоит из четырех разделов: теоретического, практического, контроля знаний, вспомогательного (литература). В теоретический раздел входит курс лекций. В практическом разделе приведены методические указания к выполнению лабораторных, практических, контрольных работ и курсовой работы. Раздел контроля знаний включает вопросы для подготовки к сдаче экзамена. Во вспомогательный раздел входит учебная программа по учебной дисциплине «Технология производства и ремонта машин», перечень основных и вспомогательных литературных источников.

Предложенные материалы являются теоретической основой для изучения учебной дисциплины «Технология производства и ремонта машин» для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (по направлениям)».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК

Электронный документ открывается в среде ОС Windows на IBM PC - совместимом персональном компьютере стандартной конфигурации.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	6
1.1 Краткий конспект лекций.....	6
Раздел I. Цель и задачи дисциплины. Основы технологии производства машин.	6
Тема 1.1. Предмет и содержание дисциплины	6
Тема 1.2. Основы технологии производства машин	11
Тема 1.3. Технологическое обеспечение качества изготовления машин ..	23
Тема 1.4. Базирование и закрепление заготовок	35
Тема 1.5. Технологичность и ремонтпригодность конструкций машин .	43
Тема 1.6. Технология производства заготовок для деталей машин	50
Тема 1.7. Технология производства типовых деталей строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.....	56
Тема 1.8. Производство металлоконструкций и применяемые материалы	81
Тема 1.9. Методы упрочняющей технологии деталей машин	93
Тема 1.10. Электрофизические и электрохимические методы обработки.....	97
Тема 1.11. Основы проектирования технологических процессов механической обработки деталей	109
Тема 1.12. Технология сборочных процессов	132
Раздел II. Основы ремонта строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования.....	137
Тема 2.1. Общие сведения об износе деталей.....	137
Тема 2.2. Виды ремонта СДМ и ПТМ. Производственная база для их ремонта.....	140
Тема 2.3. Основы технологии разборки машин и агрегатов, дефектация деталей	141
Тема 2.4. Технологические восстановления деталей.....	145
Тема 2.5. Способы восстановления и ремонта соединений деталей машин под ремонтный размер и дополнительными ремонтными деталями	155
Тема 2.6. Ремонт деталей двигателя внутреннего сгорания	158
Тема 2.7. Ремонт системы охлаждения и смазочной системы.....	183
Тема 2.8. Ремонт элементов топливной аппаратуры	192
Тема 2.9. Ремонт элементов электрооборудования.....	199
Тема 2.10. Ремонт деталей и сборочных единиц трансмиссии.....	205

Тема 2.11. Ремонт деталей ходовой части автомобилей	215
Тема 2.12. Ремонт деталей ходовой части гусеничных машин	223
Тема 2.13. Ремонт гидравлических систем	225
Тема 2.14. Ремонт металлоконструкций	237
Тема 2.15. Ремонт элементов ПТМ.....	241
Тема 2.16. Ремонт рабочего оборудования	246
Тема 2.17. Перспективные методы восстановления и ремонта деталей СДМ и ПТМ	253
Тема 2.18. Проектирование технологических процессов восстановления (ремонта) деталей машин.....	258
Тема 2.19. Система менеджмента качества	265
Тема 2.20. Требования безопасности при производстве работ по ремонту СДМ и ПТМ	296
2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	300
2.1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	300
Лабораторная работа №1 СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОПЕРАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЗНАЧЕНИЙ ИССЛЕДУЕМОГО ПАРАМЕТРА ПО ЗАКОНУ ГАУССА.....	300
Лабораторная работа №2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ СТАНКА ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	307
Лабораторная работа №3 ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВ ИЗНАШИВАНИЯ, РАЗРУШЕНИЙ, ХИМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН.....	313
Лабораторная работа №4 ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОТРОЛЬ САРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	318
Лабораторная работа № 5 ИЗУЧЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ СВАРКЕ	332
Лабораторная работа № 6 ИЗУЧЕНИЕ ИЗНОСА И ДЕФОРМАЦИИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЕЙ СДМ И ПТМ	345
Лабораторная работа №7 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ	352
Лабораторная работа №8 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗНОШЕННЫХ СОПРЯЖЕНИЙ.....	353

МАШИН СПОСОБОМ РЕМОНТНЫХ РАЗМЕРОВ	353
Лабораторная работа №9	
ДЕФЕКТАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ И ИЗУЧЕНИЕ	
ИЗНОСА ИХ КУЛАЧКОВ	356
Лабораторная работа №10	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ КАПИЛЯРНЫМ	
МЕТОДОМ	360
2.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ	
РАБОТ	367
Практическая работа №1	
ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЗАГОТОВКИ.....	367
Практическая работа №2	
РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ	369
Практическая работа №3	
ВЫБОР РЕЖИМОВ РУЧНОЙ СВАРКИ ПОКРЫТЫМИ	
ЭЛЕКТРОДАМИ.....	377
Практическая работа №4	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО ИЗНОСА И ДОПУСТИМЫХ	
РАЗМЕРОВ СОПРЯГАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ	
РЕМОНТА МЕХАНИЗМОВ.....	383
Практическая работа №6	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ ЗАПРЕССОВКИ СОЕДИНЕНИЙ С	
НАТЯГОМ	392
Практическая работа №7	
СБОРКА УЗЛОВ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ	396
3. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ	399
3.1 Средства диагностики результатов учебной деятельности	399
3.2 Тематика рефератов	399
3.3 Вопросы промежуточного контроля знаний	400
3.4 Вопросы к экзамену	403
3.5 Контрольные задания для самостоятельной работы студентов.....	409
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	412
4.1 Учебная программа.....	412
4.2 Список рекомендуемой литературы	417

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Краткий конспект лекций

Раздел I. Цель и задачи дисциплины. Основы технологии производства машин

Тема 1.1. Предмет и содержание дисциплины

1. Машиностроение и его роль в ускорении технического прогресса. Тенденции развития машиностроения.
2. Предмет дисциплины «Технология производства и ремонта машин».
3. Роль отечественных ученых в развитии технологии производства как научной дисциплины.
4. Перспективы развития технологии производства и ремонта машин с внедрением в производство новых материалов, технологий, роботов, микропроцессоров и компьютеров.

Машиностроение и его роль в ускорении технического прогресса. Тенденции развития машиностроения

Машиностроение является ведущей отраслью, опорой и движущей силой экономики страны, играет важную роль в социально-экономическом и интеллектуальном развитии государства и по праву считается фундаментом всего промышленного комплекса.

В стране работают более трех сотен предприятий, которые производят автомобили и автокомпоненты, строительные, подъемно-транспортные, сельскохозяйственные машины и станки, сложные приборы, оптику, электротехническое оборудование, лифты, бытовую технику и электронику. Все это - машиностроительная отрасль Республики Беларусь.

Продукция многих предприятий, включая МАЗы, БелАЗы, «Волаты», тракторы «Беларус» и комбайны «Полесье», уже успела стать брендовой, известной на мировой арене. Наша страна специализируется на выпуске грузовых автомобилей, автобусов и спецтехники и является крупным производителем сельскохозяйственных машин. На Беларусь приходится 30 % мирового производства тяжелых карьерных самосвалов и 17 % комбайнов. В восьмерку крупнейших мировых производителей колесных тракторов входит и Минский тракторный завод.

В производственной линейке - десятки тысяч наименований различной продукции: от микросхем до самых больших в мире карьерных самосвалов.

Белорусское машиностроение обеспечивает качественную работу таких отраслей экономики, как энергетика, строительство, транспорт, агропромышленный комплекс.

Заводы играют большую роль как в развитии страны в целом, так и в региональной экономике, в части обеспечения занятости населения, являясь во многих случаях градообразующими организациями.

Машиностроительный комплекс Беларуси — это более трех сотен предприятий. Продукция многих из них, включая МАЗы, БелАЗы, «Волаты», тракторы «Беларус» и комбайны «Полесье», уже успела стать брендовой, известной на мировой арене. Наша страна специализируется на выпуске грузовых автомобилей, автобусов и спецтехники и является крупным производителем сельскохозяйственных машин. На Беларусь приходится 30 % мирового производства тяжелых карьерных самосвалов и 17 % комбайнов. В восьмерку крупнейших мировых производителей колесных тракторов входит и Минский тракторный завод. Работа машиностроительного комплекса, наряду с нефтехимией и металлургией, формирует внутренний валовой продукт страны и фактически является движущей силой нашей экономики. Государство сумело сохранить этот сектор промышленности в тяжелые кризисные времена. Однако и сегодня есть о чем беспокоиться: за прошлый год потенциал отрасли восполнен всего на 3 %. Стоит задача улучшить показатели в машиностроении и повысить конкурентоспособность на внешних рынках, расширить географию экспорта и увеличить объем выпускаемой продукции. В непростых условиях по-прежнему актуальна ставка на инновации и научное обеспечение отрасли.

На всех континентах земного шара работает техника, созданная руками белорусских рабочих. Ежегодно около 65-70% машиностроительной продукции реализовывается за рубеж. Тракторы ОАО "МТЗ", карьерные самосвалы ОАО "БЕЛАЗ", дорожно-строительная и лесозаготовительная техника ОАО "Амкодор", комбайны ОАО "Гомсельмаш", тягачи и автобусы ОАО "МАЗ", лифты ОАО "Могилевлифтмаш", бытовая техника ОАО "Горизонт", ОАО "Витязь", ЗАО "АТЛАНТ" и другая многочисленная продукция наших флагманов ежегодно поставляется более чем в 100 стран мира.

В 2017 году состоялось важное событие в истории белорусского машиностроения - на заводе "БЕЛДЖИ" в Борисовском районе с конвейера сошел первый серийный белорусский легковой автомобиль.

На современном этапе отрасли белорусского машиностроения нуждаются в модернизации и инновациях. Недостаток инвестиций, устаревшие основные производственные фонды, высокая конкуренция на отечественном и мировом рынках, дефицит квалифицированного персонала снижают возможности развития предприятий машиностроения.

Устойчивость развития всех отраслей промышленности и экономики в целом, в большей степени зависит от уровня развития машиностроительного комплекса. Поставляя капитальные ресурсы предприятиям других отраслей, а также выполняя функции главного проводника инноваций, именно эта отрасль обеспечивает все производство необходимыми машинами и оборудованием, формирует материальную базу ускорения научно-технического прогресса, технического и технологического перевооружения всего народного хозяйства.

Кроме того, машиностроение влияет на важнейшие показатели ВВП, такие как материалоемкость и энергоёмкость, производительность труда, оно напрямую связано с обороноспособностью государства и уровнем экологической безопасности производства. В развитой рыночной экономике машиностроение традиционно носит социально-ориентированный и инфраструктурный характер. С учетом достижений технического и технологического прогресса оно определяет и регулирует конкурентные условия для большинства отраслей промышленности, обеспечивает их устойчивое функционирование и способствует наполнению потребительского рынка.

В мире известны шесть уровней развития производительных сил – технологических укладов. В настоящее время реализуется переход к пятому технологическому укладу, главной особенностью которого является преобладание информационно-коммуникационных технологий, нано- и биотехнологий, геной инженерии, новых видов энергии и материалов. Причем именно качественное преобразование данных технологий, определяющих содержание и структуру человеческого капитала, приведет к формированию нового технологического уклада. Так в США уже около 60% производительных сил действуют в рамках пятого уклада и около 5% относятся к шестому. В России осуществляется четвёртый уклад, и только около 10% производств относится к пятому.

Развитые страны мира активно внедряют нанотехнологии. Нанотехнологии в машиностроительном комплексе Республики Беларусь могут быть внедрены посредством использования новых материалов, созданных с использованием нанотехнологий. В этом качестве поле приложений наноматериалов практически неограниченно. Так, основные проблемы, связанные с материалами в машиностроении Беларуси связаны с их длительной прочностью и сопротивлением разрушению при различных условиях эксплуатации. Поэтому актуальной проблемой является создание материалов, обладающих свойством восстановления свойств, нарушенных или изменённых при внешних воздействиях (self-healing materials). В настоящее время рассматриваются две основные технологии самозалечивания:

- автоматическая (без дополнительных действий агента)
- не автоматическая (нужны дополнительные действия).

Исходя из условий предметной области, более рациональной представляется первая технология, автоматическая. В настоящее время её предлагается решать двумя методами: метод капсулирования и использование внедрённых актюаторов.

В рамках метода капсулирования в объёме материала при изготовлении создаются области (капсулы) с реагентами, залечивающими возможные микротрещины, например полимерами. Недостатком данного метода является ограниченность циклов применения. Принципиально данный материал может работать в режиме самозалечивания до тех пор, пока в объёме остаются не активированные капсулы с агентом или катализатором. Ещё один

недостаток метода - малая скорость работы (восстановления материала). В то же время, метод и идеология имеют принципиально громадную область применения в полимерных компонентах машин – трубопроводы, пары трения, демпферные элементы, которые в настоящее время являются принципиально слабым местом белорусского машиностроительного комплекса. В лучших образцах белорусской техники сейчас используются импортные узлы и комплектующие, что вызывает дополнительные валютные расходы. Для такого рода деталей, в которых разрушение осуществляется путём роста повреждённости и малая скорость реакции не является критической.

Предмет дисциплины «Технология производства и ремонта машин»

Целью учебной дисциплины является изучение методов производства деталей строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования. Формирования умения правильного и обоснованного выбора оптимальных методов производства и ремонта основных деталей строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования, способов утилизации агрегатов и материалов. Формирование навыков правильного и обоснованного выбора материалов для изготовления и ремонта строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования.

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин как: «Материаловедение и технология материалов», «Механика материалов», «Нормирование точности и технические измерения», «Детали машин».

В технологии машиностроения комплексно изучаются вопросы взаимодействия станка, установочного приспособления, рабочего инструмента и обрабатываемой заготовки, а также пути построения рациональных технологических процессов механической обработки деталей и сборки машин.

Роль отечественных ученых в развитии технологии производства как научной дисциплины

Научная дисциплина «Технология машиностроения» создана российскими учёными: профессорами В.М. Кованом, А.Б. Яхиным, Б.С. Балакшиным, А.П. Соколовским, А.И. Кашириным, М.Е. Егоровым, В.С. Корсаковым и другими. Начало формирования этой дисциплины относится к 30-м годам 20-го века, когда в учебные планы советских вузов впервые были включены новые научные дисциплины «Технология автомобилестроения», «Технология тракторостроения» (1930 год).

Первым фундаментальным научным трудом в области технологии машиностроения была книга В.М. Кована «Технология автотракторостроения» (1938 год).

Научная база ремонта машин создавалась на трудах профессоров В.Э. Вейриха, И.В. Грибова, В.И. Казарцева, В.В. Ефремова, В.А. Шадричева, К.Т. Кошкина и др.

Восстановление изношенных деталей в системе вторичного производства машин является природоохранным и ресурсосберегающим производством. Большой научный вклад в технологию восстановительного производства внесли В.И. Черноиванов, Е.М. Воловик, В.А. Какуевицкий, Н.Н. Дорожкин, М.И. Черновол, А.Н. Батищев, В.С. Ивашков, Н.В. Молодык, А.С. Зенкин, В.П. Усков и др.

Беларусь сегодня относится к числу стран с высоким уровнем научного потенциала. А в рейтинге «хороших стран» (Good Country Index) республика занимает 54-е место среди 153 государств (по показателю «Наука и технология» – 28-е место). Больше трети белорусского экспорта составляет наукоемкая и высокотехнологичная продукция, в 2020 году принёсшая \$15 млрд. прибыли.

Перспективы развития технологии производства и ремонта машин с внедрением в производство новых материалов, технологий, роботов, микропроцессоров и компьютеров

В условиях стремительно развивающихся технологий предприятиям необходимы новые решения, позволяющие:

- увеличивать объемы выпускаемой продукции;
- осуществлять трудоемкие технические задания за меньший промежуток времени;
- сокращать расходы сырья и отходов;
- выполнять недоступную человеческим рукам работу.

Решить данный ряд задач под силу только инновационным системам, таким, как автоматизация производства, т.е. передача управленческих и контрольных функций от человека к техническому оборудованию.

Основная роль внедрения систем автоматизации – повышение уровня эффективности, мобильности и облегчения труда сотрудников. Благодаря этим изменениям возрастает уровень конкурентоспособности на рынке, идет мощное использование ресурсной базы.

Автоматизация производства может быть осуществлена в нескольких вариантах:

1. Частичная. Автоматизации подвергается лишь некоторое оборудование, которое выполняет ряд действий, недоступных или сложных для человека.
2. Комплексная. Охватывает производственную цепь отдельного цеха или узла, выполняющего ряд действий по решению определенной задачи.

3. Полная. Осуществляется переход контроля и управления на специальное оборудование, охватывающее все этапы производства. Это происходит в случае устойчивого и практичного режима, а также когда условия труда крайне опасны или непосильны для работника.

Для лучшего определения степени автоматизации следует знать ее эффективность для конкретного типа производства.

Инновационные производственные системы включают в себя:

1. Роботов, внедренных непосредственно в центр промышленного процесса. Их стремительное распространение связано с развитием микроэлектроники.
2. Системы контроля качества. Они функционируют на базе ЭВМ. Технические приложения, отвечающие за оценку уровня качества продукции.
3. Автоматизированные системы проектирования. Используются во время разработок новых изделий и подготовки технико-экономических документов.
4. Роботизированные технологические комплексы (РТК). Служат для программного обеспечения и коммуникаций между инновационными устройствами.
5. Автоматизированные системы для складских помещений. Позволяют проводить инвентаризацию, процессы получения и отправки товара, а также нахождения определенной группы продукции на складе.
6. Гибкие системы. Отвечают за перемещение обрабатываемых технических деталей и смену инструментов.

Тема 1.2. Основы технологии производства машин

1. Основные термины и определения, применяемые в технологии производства машин.
2. Технологический и производственный процессы, их содержание и структура. Изделие и его элементы. Типы производства: единичное, мелкосерийное, серийное, крупносерийное, массовое.
3. Технологичность и ремонтпригодность конструкций машин. Оценка технологичности конструкции деталей и машин.
4. Направления повышения надежности машин.

Основные термины и определения, применяемые в технологии производства машин

Согласно ГОСТ 3.1109-82 технологический процесс делится на следующие составные элементы: технологические операции, установы, технологические и вспомогательные переходы, рабочие и вспомогательные хода, позиции и приёмы.

Технологическая операция – это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Рабочее место (по ГОСТ 14.004-83) – это элементарная единица структуры предприятия, где размещены исполнители работы, обслуживаемое технологическое оборудование, часть конвейера, а также на ограниченное время оснастка и предметы труда.

Установ – это часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой сборочной единицы.

Технологический переход – это законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

Вспомогательный переход – это законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предмета труда, но необходимы для выполнения технологического перехода.

Примерами вспомогательных переходов являются установка и закрепление заготовки, смена инструмента и т.д.

Рабочий ход – это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки. В технологической документации рабочий ход называют проходом.

Вспомогательный ход – это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для подготовки рабочего хода.

Позиция – это фиксированное положение, занимаемое неизменно закреплённой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определённой части операции.

Приём – это законченная совокупность действий человека, применяемых при выполнении перехода или его части и объединённых одним целевым назначением. Примерами приёмов являются: взять заготовку, установить заготовку в приспособление, закрепить заготовку, подвести режущий инструмент к заготовке, включить станок и т.д.

Технологический и производственный процессы, их содержание и структура

Производственный процесс (по ГОСТ 14.004-83) представляет собой совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта продукции. Производственный процесс включает в себя следующие этапы: 1) подготовка производства, 2) материально-техническое обеспечение производства, 3) изготовление деталей, 4) сборка узлов и изделий в целом, 5) испытание готовых изделий и их упаковка, 6) другие действия, связанные с изготовлением выпускаемых предприятием изделий (окраска, консервация и т.п.). Подготовка производства, в свою очередь, включает в себя следующие этапы: 1) разработка технической документации на изделие (чертежей общих видов, сборочных чертежей, рабочих чертежей, технических условий, спецификаций и т.п.); 2) проектирование и изготовление технологической оснастки (установочных приспособлений, рабочих инструментов, вспомогательных инструментов, измерительных инструментов и приспособлений); 3) подготовка и наладка средств технологического оснащения (технологического оборудования и технологической оснастки); 4) организация обслуживания рабочих мест. Материально-техническое обеспечение производства включает в себя получение, контроль, хранение и транспортировку материалов и заготовок, используемых для изготовления изделия

Технологический процесс (по ГОСТ 3.1109-82) – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. К предметам труда относятся заготовки и изделия. Технологический процесс может быть отнесён к изделию, его составной части или к методам обработки, формообразования и сборки. Согласно ГОСТ 3.1109-82 технологический процесс делится на следующие составные элементы: технологические операции, установы, технологические и вспомогательные переходы, рабочие и вспомогательные хода, позиции и приёмы.

Изделие и его элементы

Изделием называют любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Изделиями являются различные машины, механизмы, агрегаты и отдельные детали. Например, для станкостроительного завода изделием является станок, для электромеханического - электродвигатель, для подшипникового - подшипник, для инструментального - калибр и т.д.

Изделия, изготовленные для поставки (реализации), относятся к изделиям основного производства.

Если предприятия изготавливают изделия только для собственных нужд, то последние являются изделиями вспомогательного производства.

Изделиями основного производства считают также такие изделия, которые предназначены для поставки (реализации) и одновременно используются и для собственных нужд предприятия-изготовителя.

Перечисленные выше примеры являются примерами изделий основного производства, в том числе и калибр, изготовленный на инструментальном заводе для других предприятий или для контроля своих изделий. Калибр же, изготовленный в инструментальном цехе машиностроительного завода для нужд одного из цехов этого завода относится к изделию вспомогательного производства.

Изделия, в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей, подразделяются на:

- *Неспецифицированные* (детали), не имеющие составных частей;
- *Специфицированные* (сборочные единицы, комплексы, комплекты), состоящие из двух и более частей.

Установлены следующие **виды изделий**:

1. **Детали** - изделия, изготовленные из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций. *Например*: валик из одного куска металла, литой корпус, маховичок из пластмассы (без арматуры) и т.п.

2. **Сборочные единицы** - изделия, составные части которых подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой, склеиванием и т.п.). *Например*: автомобиль, станок, редуктор, сварной корпус, маховичок из пластмассы с металлической арматурой.

3. **Комплексы** - два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций (например, цех-автомат).

4. **Комплекты** – два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера. *Например*: комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей и т.п.

Типы производства в машиностроении

Тип производства (по ГОСТ 14.004-83) – это классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объёма выпуска продукции.

В машиностроении различают 3 типа производства: единичное, серийное, массовое.

Единичное производство – это производство, характеризуемое малым объёмом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматривается.

В единичном производстве изделия изготавливают по специальным заказам, в которых заказчики имеют право оговаривать определённые требования к изделию.

Серийное производство – это производство, характеризуемое изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями.

Массовое производство – это производство, характеризуемое большим объёмом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция.

В соответствии с ГОСТ 3.1121-84 тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций $K_{з.о.}$.

Коэффициентом закрепления операций (по ГОСТ 14.004-83) называется отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест.

Коэффициент закрепления операций $K_{з.о.}$ определяется по формуле

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P},$$

где O – число различных операций,

P – число рабочих мест, на которых выполняют различные операции.

Для массового производства принимают коэффициент закрепления операций $K_{з.о.} = 1$.

Серийное производство в зависимости от количества изделий в партии или серии и значения коэффициента закрепления операций $K_{з.о.}$ разделяют на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное. Примечание. Термин «партия» обычно применяют при обработке деталей, а термин «серия» - при сборке изделий.

В соответствии с ГОСТ 3.1121-84 и ГОСТ 14.004-83 коэффициент закрепления операций $K_{з.о.}$ принимают равным:

- для крупносерийного производства – свыше 1 до 10 включительно;
- для среднесерийного производства – свыше 10 до 20 включительно;
- для мелкосерийного производства – свыше 20 до 40 включительно.

При единичном производстве коэффициент закрепления операций $K_{з.о.}$ не регламентируется.

Главным отличительным признаком единичного производства является выполнение на рабочих местах разнообразных операций без их периодического повторения.

Другими характерными признаками единичного производства являются:

- 1) оснащённость универсальным технологическим оборудованием, позволяющим выполнять разнообразные задания;
- 2) расположение технологического оборудования в цехах – по типам оборудования;
- 3) использование высококвалифицированной рабочей силы;
- 4) использование, в основном, универсальных установочных приспособлений, режущих и измерительных инструментов;
- 5) получение исходных заготовок упрощёнными методами (литьё в разовые земляные формы, свободнаяковка, стандартный прокат);
- 6) сборка изделий с большим объёмом пригоночных работ, что приводит к повышению трудоёмкости сборки до $50 \div 60$ % от общей трудоёмкости изготовления изделия;
- 7) технологические процессы разрабатываются, в основном, укрупнено, а тщательно – только для наиболее крупных и ответственных изделий.

Главным отличительным признаком серийного производства является выполнение на большинстве рабочих мест по несколько периодически повторяющихся операций. Другими характерными признаками серийного производства являются

- 1) оснащённость как универсальным, так и специальным, технологическим оборудованием (универсального оборудования – меньше, чем в единичном производстве, а специального оборудования – меньше, чем в массовом производстве);
- 2) расположение технологического оборудования в цехах – обычно по группам обрабатываемых деталей;
- 3) использование рабочей силы более низкой квалификации, чем в единичном производстве, но более высокой квалификации, чем в массовом производстве;
- 4) использование как универсальных, так и специальных установочных приспособлений, режущих и измерительных инструментов;
- 5) получение исходных заготовок более совершенными методами, чем в единичном производстве, но менее совершенными и производительными, чем в массовом производстве;
- 6) сборка изделий выполняется с небольшим объёмом пригоночных работ, что приводит к снижению трудоёмкости сборки до $30 \div 50$ % от общей трудоёмкости изготовления изделия;

7) технологические процессы разрабатываются более подробно и тщательно, чем в единичном производстве, но менее подробно и тщательно, чем в массовом производстве.

Главным отличительным признаком массового производства является выполнение на большинстве рабочих мест только одной закреплённой за ними постоянно повторяющейся операции. Другими характерными признаками массового производства являются:

1) оснащённость преимущественно специальным высокопроизводительным технологическим оборудованием и в меньшей степени – универсальным оборудованием;

2) расположение технологического оборудования в цехах – по ходу технологического процесса (по поточному принципу);

3) использование рабочей силы низкой квалификации;

4) использование специальных установочных приспособлений, режущих и измерительных инструментов, позволяющих значительно повысить производительность труда;

5) получение исходных заготовок прогрессивными высокопроизводительными методами (литьё в кокиль, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, литьё под давлением, штамповка и т.д.);

6) сборка изделий выполняется по методу полной взаимозаменяемости без пригоночных работ, что приводит к снижению трудоёмкости сборки до 20 ÷ 30 % от общей трудоёмкости изготовления изделия;

7) технологические процессы разрабатываются подробно и тщательно.

В условиях массового производства обычно изготавливаются стандартные изделия, предназначенные для большого количества потребителей.

Деление на 3 типа производства – весьма условное. Можно говорить лишь о преобладании того или иного типа производства на данном предприятии.

Технологичность и ремонтпригодность конструкций машин

В общем случае под технологичностью конструкции понимается совокупность ее свойств, гарантирующая в заданных условиях производства и эксплуатации оптимальные затраты труда, средств, материалов и времени при технологической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций при обеспечении установленных показателей качества.

Технологичность конструкции в принципе определяет экономическую целесообразность запуска изделия в производство.

Отработка конструкции на технологичность ведется конструкторами и технологами на всех стадиях проектирования и изготовления.

Различают три вида технологичности конструкции:

- производственную, которая обеспечивается сокращением затрат средств и времени на КПП, ТПП и процессы изготовления изделия;
- эксплуатационную, обеспечивающуюся сокращением затрат средств и времени на техническое обслуживание и ремонт изделия.
- ремонтную технологичность.

Ремонтная технологичность проявляется в сокращении средств и времени на все виды ремонта, кроме текущего (определяется ее приспособленностью к ремонтным работам, направленным на восстановление работоспособности агрегатов, сборочных единиц, деталей или машины в целом).

Главными факторами, определяющими требования к технологичности конструкции, являются:

- вид изделия (деталь, сборочная единица, комплекс, комплект);
- тип производства (многие изделия, технологичные для крупносерийного и массового производства, нетехнологичны для единичного и мелкосерийного);
- уровень развития науки и техники.

Оценка технологичности может быть качественной и количественной.

Качественная оценка предшествует количественной, определяет ее целесообразность и характеризует обобщенно достоинство конструкции на основе опыта исполнителя.

К *качественным показателям* технологичности относят:

взаимозаменяемость;

- регулируемость;
- контролепригодность;
- инструментальную доступность.

Взаимозаменяемость – свойство одних и тех же изделий, позволяющее устанавливать их в процессе сборки или заменять без предварительной подгонки при сохранении всех требований, предъявляемых к работе изделия в целом.

Количественная оценка технологичности выражается системой показателей – основных, дополнительных и технических, которые используются для сравнения различных вариантов конструкции в процессе проектирования изделия и определения уровня технологичности разработанного изделия:

Различают четыре *основных* показателя производственной технологичности:

1. трудоемкость изготовления изделия, складывающаяся из трудоемкости изготовления всех входящих в изделие деталей и сборочных единиц, трудоемкости сборки изделия и трудоемкости испытаний;

2. уровень технологичности конструкции по трудоемкости, характеризуемый отношением трудоемкости проектируемого изделия к показателю трудоемкости изготовления аналогичной конструкции, уже освоенной в производстве, вводимому с учетом поправочных коэффициентов;
3. технологическая себестоимость;
4. уровень технологичности конструкции по себестоимости изготовления, характеризуемый отношением себестоимости проектируемого изделия к себестоимости изготовления аналогичной конструкции, уже освоенной в производстве, вводимой с учетом поправочных коэффициентов.

Дополнительные технико-экономические показатели технологичности характеризуют отдельные составляющие основных показателей, например, себестоимость ремонтных работ и т.п.

Технические показатели технологичности конструкции представляют собой систему базовых показателей K_i , которые могут быть использованы для оценки технологичности изделия путем сравнения рассчитанных значений показателей с их нормативными значениями. Оценка технологичности может также быть проведена по комплексному показателю технологичности.

Ремонтпригодность – это свойство изделия, заключающееся в приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Под устранением отказов подразумевают восстановление работоспособности изделия путем ремонта (для ремонтируемых изделий) или замены (для неремонтируемых) отказавшего узла или элемента. Для строительных, дорожных машин и оборудования наиболее важными свойствами надежности являются долговечность и ремонтпригодность.

Оценка технологичности конструкции деталей и машин

Показатели оценки технологичности. Технологичность конструкции может оцениваться с помощью основных и дополнительных показателей. К *основным показателям* относятся технологическая себестоимость и трудоемкость изготовления.

Технологическая себестоимость:

$$C_T = T_{шт}(C_p + C_{ст} + C_{пр} + C_{и}),$$

или

$$C = C_M + C_3[1 + (\alpha_1 + \alpha_2/100)],$$

где $T_{шт}$ – норма штучного времени, мин;

C_p – стоимость работы рабочего исполнителя, коп/мин.;

$C_{ст}$, $C_{пр}$, $C_{и}$ – стоимость работы одной минуты соответственно станка, приспособления, инструмента с накладными расходами, коп/мин.

Трудоемкость изготовления изделия определяется суммой трудоемкостей изготовления составляющих ее элементов и выражается в нормо-часах.

При оценке технологичности конструкций при наличии базовой модели можно использовать следующие *относительные показатели* технологичности.

Коэффициент уровня технологичности по технологической себестоимости:

$$K_c = C_T / C_{б.т.},$$

где C_T – технологическая себестоимость рассматриваемого изделия;

$C_{б.т.}$ – технологическая себестоимость базового изделия.

Уровень технологичности по трудоемкости изделия:

$$K_T = T_{и} / T_{б.и.},$$

где $T_{и}$ – трудоемкость изготовления рассматриваемого изделия,

$T_{б.и.}$ – трудоемкость изготовления базового изделия.

Для оценки эффективности использования материала в машиностроении служат коэффициенты конструктивной материалоемкости и использования материала. Коэффициент должен стремиться к единице.

Конструктивная (удельная) материалоемкость машины m_K – представляет собой отношение массы машины M к ее мощности, N , кг/кВт

$$m_K = M / N.$$

Чем меньше m_K , тем технологичнее конструкция.

Коэффициент использования материала k_M представляет собой отношение $Q_{и}$ массы изделия к общей массе заготовки на изделие $Q_з$,

$$k_M = Q_{и} / Q_з.$$

Для оценки технологичности конструкции машины по признаку унификации применяют коэффициенты унификации изделия, сборочных единиц, деталей, конструктивных элементов деталей.

Коэффициент унификации изделия:

$$K_з = \frac{E_y + D_y}{E + D},$$

где E_y – число унифицированных сборочных единиц в изделии (в том числе заимствованных, покупных, унифицированных и стандартных);

D_y – число унифицированных деталей, являющихся составными частями изделия и не вошедших в величину E_y (в том числе заимствованных, покупных унифицированных и стандартных);

E – общее число сборочных единиц в изделии;

D – число деталей, являющихся составными частями изделия.

Коэффициент унификации сборочных единиц

$$K_{y.e.} = E_y / E,$$

Коэффициент унификации деталей

$$K_{y.d} = D_y / D.$$

Коэффициент унификации конструктивных элементов деталей

$$K_{y.э.} = Q_{y.э.} / Q_э,$$

где $Q_{y.э}$ – число унифицированных типоразмеров конструктивных элементов всех деталей изделия (машины);

$Q_э$ – число типоразмеров конструктивных элементов в изделии (машине).

Направления повышения надежности машин

Создание строительных и дорожных машин с высокой надежностью может быть достигнуто при комплексном подходе к решению этой задачи на всех этапах «жизненного цикла»: при его конструировании, изготовлении и эксплуатации. Это основные направления повышения надежности машин - конструктивные, технологические, эксплуатационные.

При современном развитии науки и техники возможно создание машин практически с любой заданной надежностью. Однако по мере повышения надежности растут затраты на конструирование и производство, но эксплуатационные затраты при этом снижаются. Важно обеспечить оптимальное сочетание затрат на производство и эксплуатацию, и, как следствие, расходы на приобретение и поддержание в работоспособном состоянии должны быть минимальными при определенной наработке до капитального ремонта. Эффективные решения в области обеспечения надежности машин будут получены, если достаточное внимание будет отводиться конструированию и технологии изготовления. Сейчас надежность машины пытаются обеспечить на этапе эксплуатации, что тоже имеет огромное значение, но если машина сконструирована и изготовлена с ошибками, то правильная эксплуатация не исправит уровень пониженной надежности, и многие дефекты могут стать причиной отказов.

К *конструктивному направлению* повышения надежности машин можно отнести оптимизацию конструктивных схем машин; правильный выбор материалов деталей, рациональное сочетание деталей, обеспечение жесткости и устойчивости к вибрациям базовых деталей машин; обеспечение герметизации соединений деталей машин; выбор оптимальных температурных режимов работы агрегатов, и др. Как видим, именно на этапе проектирования закладывают тот уровень надежности, который обеспечит долговечное и безотказное функционирование машины.

На этапе *технологического изготовления* обеспечение надежности закладывается путем правильного и точного изготовления узлов и агрегатов, также важно повышение износостойкости, статической и циклической прочности деталей термической обработкой; упрочнение деталей химико-термической обработкой: упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием; нанесение на рабочие поверхности деталей машин износостойких покрытий; и т. д. Большое значение при изготовлении имеет станочный парк и уровень квалификации персонала.

К основным *эксплуатационным направлениям* повышения надежности относят качественное техническое обслуживание и создание для его проведения необходимой материальной базы, соблюдения оптимальных режимов работы машин, обеспечение оптимальных режимов, от которых зависят износы, безотказность и долговечность машин.

Предпосылки для повышения надежности лежат в изучении факторов, влияющих на надежность дорожных и строительных машин и способов воздействия на эти факторы. Наиболее эффективным способом решения данных вопросов является взаимодействие между собой эксплуатационных служб с научно-конструкторскими организациями и заводами-изготовителями. Такая взаимосвязь на данный период у нас в стране выражена слабо. Эксплуатирующие организации не передают статистику об отказах на заводы изготовители, а те в свою очередь редко делают запрос о статистике отказов. Связано это с тем, что эксплуатационники не всегда фиксируют отказы, чтобы не портить статистику, т.к. на некоторых предприятиях за отказы оборудования наказывают обслуживающий персонал. Стремиться к получению статистики с предприятий, в первую очередь, должны заводы-изготовители и проектно-конструкторские организации для того, чтобы выявленные отказы можно было бы предотвратить на раннем этапе производства техники. Только совместная работа конструктора и технолога, а также правильная организация этой работы на всех стадиях разработки, изготовления и эксплуатации автотранспортных средств позволяет изыскать оптимальные пути обеспечения необходимой надежности. После ряда повторяющихся отказов используемой отечественной техники, предприятия часто переходят на закуп аналогичного импортного оборудования. Даже предприятия с невысоким бюджетом предпочитают покупать немецкие машины с пробегом, чем отечественные новые, в силу их более высоких показателей надежности, эргономичности, экономической эффективности.

Повышение надежности достигается за счет оптимизации процессов поиска отказов, предотвращения их появления и более полного использования ресурса машины, кроме того, надежность характеризуется такими показателями, как наработка на отказ, трудоемкость и стоимость технического обслуживания.

Надежность дорожных, строительных и путевых машин должна обеспечиваться строгой системой, начиная с этапа проектирования, производства и к этапу эксплуатации. Предприятия-изготовители должны сопровождать послепродажное обслуживание, а создание сервисных центров позволит обеспечивать техническую надежность отечественных строительных и дорожных машин, соответственно это позволит обеспечить высокие показатели комплексной готовности.

Одним из перспективных путей совершенствования системы обеспечения надежности является введение широкого спектра диагностического оборудования для обеспечения более гибкого подхода к техническому обслуживанию и ремонту дорожных и строительных машин. Полное диагностирование всех систем машины позволит выявить фактическое техническое состояние конкретной машины и изменить проведение планово-предупредительных ремонтов, улучшить использование ее ресурса.

Внеплановые отказы, сокращение ресурса машины могут вызвать серьезные экономические потери и могут быть значительными и включать потери при простое всего комплекса машин, работников технологической цепочки, неустойки по невыполненным контрактам.

Существующая на сегодняшний день система обеспечения надежности дорожных и строительных машин не обеспечивает поддержания комплексных показателей надежности, что ведет к значительным технико-экономическим потерям и снижению конкурентоспособности отечественных строительных и дорожных машин в сравнении с импортными аналогами.

Обеспечить надежность машины возможно на любой стадии ее «жизненного цикла», но более низкая надежность отечественных машин в сравнении с западными аналогами позволяет сделать вывод о каких-либо упущениях в конструировании, производстве или на этапе эксплуатации. Экономичность и эффективность любой новой машины должны рассматриваться с обязательным учетом как затрат на изготовление этой машины, так и расходов на ее эксплуатацию и ремонт в течение всего срока ее службы. Чем надежнее и долговечнее машина, тем меньше будут расходы на обслуживание и ремонты. И самое важное, что такие машины могут стать действительно конкурентоспособными, завоевать доверие потребителей и завоевать свою нишу на рынке.

Тема 1.3. Технологическое обеспечение качества изготовления машин

1. Показатели качества поверхностей деталей машин. Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей.
2. Влияние способов и условий обработки на шероховатость поверхности.
3. Технологические методы, повышающие качество поверхностного слоя деталей машин.

Показатели качества поверхностей деталей машин. Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей

Качество поверхности – совокупность физико-химических свойств, геометрических показателей поверхностного слоя как результат технологического воздействия на данную поверхность.

Поверхностный слой – поверхностный объём материала, существенно отличающийся от материала сердцевины детали. Глубина этого слоя различна в зависимости от условий обработки, определяющих технологию изготовления изделия.

Пример: несколько мкм – калибр, несколько сотен мкм – вал.

В соответствии с современными представлениями *качество поверхностного слоя* – комплексное понятие, определяемое двумя группами характеристик (рисунок 1).

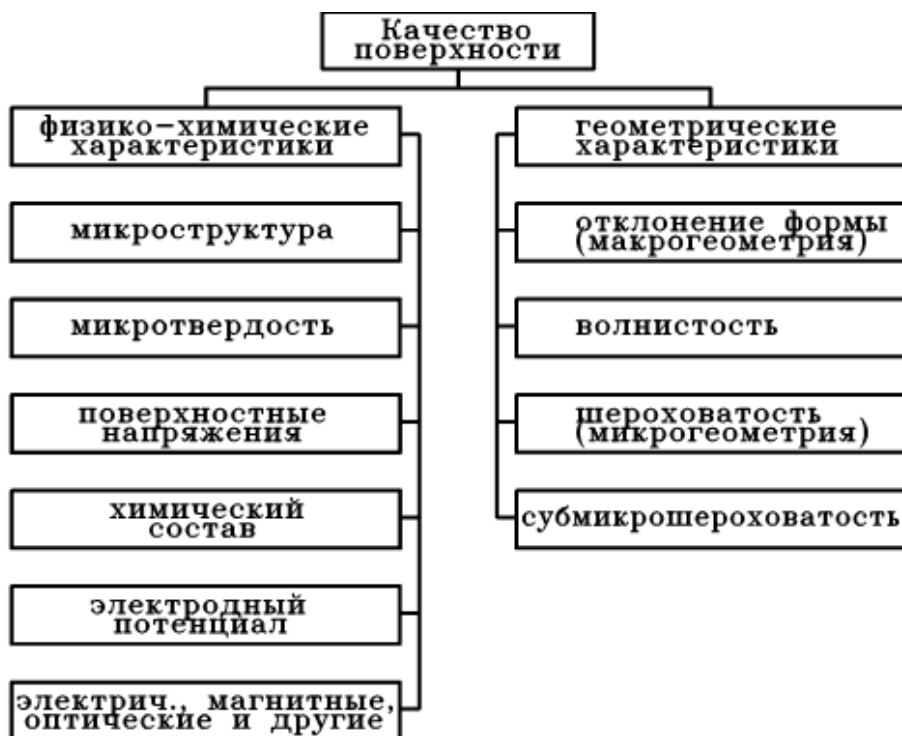


Рисунок 1 - Схема зависимости характеристики поверхностного слоя

Допуски формы и расположения поверхностей устанавливает ГОСТ 2.308-2011. Графические символы (знаки) для указания допуска формы и расположения поверхностей приведены в таблице 1 (ГОСТ 2.308-2011).

Для каждого вида допусков формы и расположения установлено 16 степеней точности (ГОСТ 24643-81).

Волнистость в настоящее время не нормирована (рисунок 2). Согласно рекомендациям волнистость определяется:

- а) высотой волнистости (W_z);
- б) средним шагом волнистости S_w .

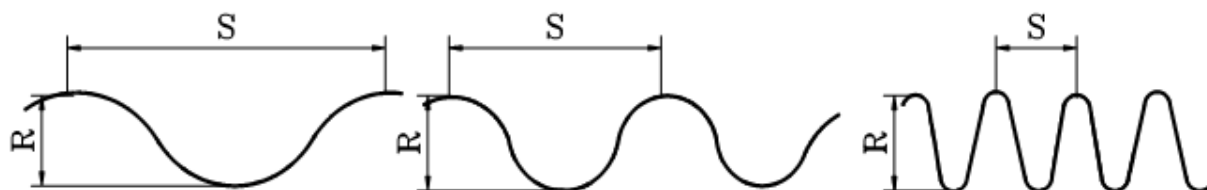


Рисунок 2 – Критерии разложения геометрических характеристик

$\frac{S}{R} > 1000$	$\frac{S}{R} = 50 \dots 1000$	$\frac{S}{R} < 50$
отклонение формы	волнистость	шероховатость

Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей

Качество поверхности оказывает существенное влияние на эксплуатационные свойства изделия: износостойкость, коррозионную стойкость, усталостную прочность, стабильность посадок, герметичность и т.д.

При *отклонении формы* поверхности наблюдается неравномерный износ отдельных участков детали (бочкообразной – средние участки, седлообразной – крайние).

Волнистость (наряду с макронеровностями) определяет размеры участков, в которых находятся зоны фактического контакта, т.е. определяют контурную площадь касания (рисунок 3). Наличие волн уменьшает опорную площадь в 5 - 10 раз.

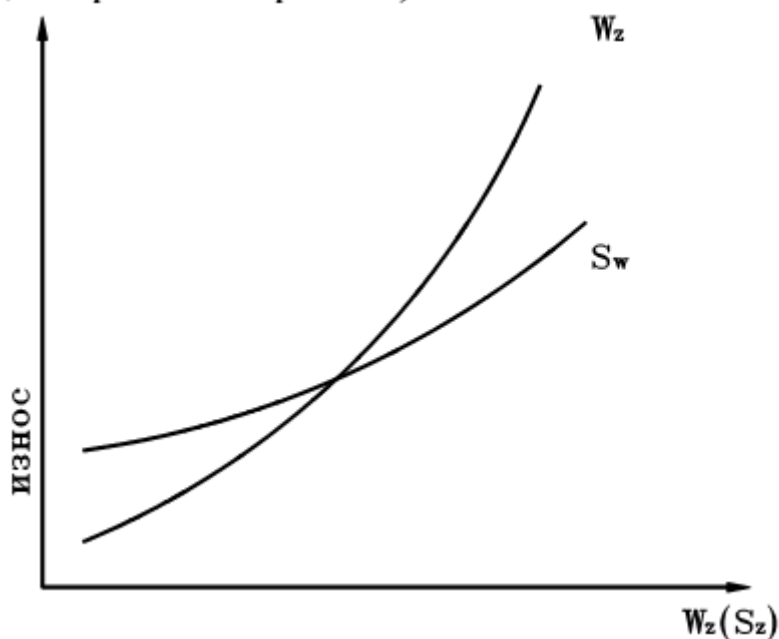


Рисунок 3 - Зависимость износа от оптимальной шероховатости

Высота волнистости W_z важнее, чем S_w , так как она больше сказывается на величине опорной площади.

Влияние шероховатости на износ деталей связано со сроком эксплуатации (временем работы). Экспериментально установлено, что наименьший износ достигается не при минимальной шероховатости, а при её оптимальном значении (рисунок 4).

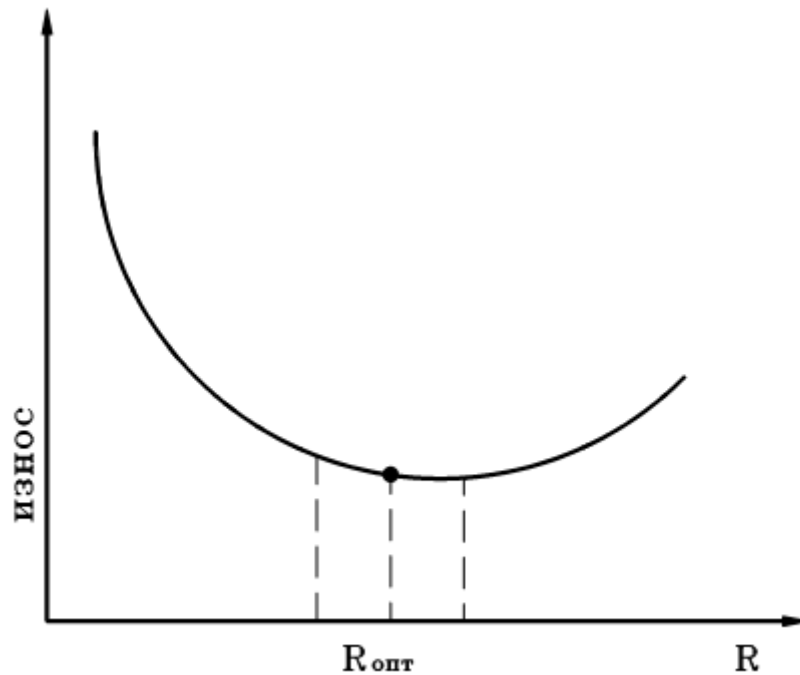


Рисунок 4 - Зависимость износа от оптимальной шероховатости

При $R > R_{\text{опт}}$ – изнашивание увеличивается за счёт возрастания механического зацепления, скалывания и среза неровностей.

При $R < R_{\text{опт}}$ – резко увеличивается изнашивание за счёт молекулярного сцепления и заедания поверхностей из-за выдавливания смазочного материала и плохой смачиваемости зеркальной поверхностей.

Пример: 1. Пришабренные, виброобкатанные поверхности лучше работают, чем притёртые, так как они имеют "карманы" для хранения смазки. 2. Работа подшипников скольжения.

Шероховатость оказывает также влияние на:

- 1) стабильность *неподвижных посадок* (запрессовка). С увеличением R снижается фактический контакт и прочность сцепления сопрягаемых деталей;
- 2) прочность детали при циклических нагрузках;
- 3) на коррозионную стойкость, так как на шероховатой поверхности легче разрушается первичная защитная плёнка под влиянием внутренних напряжений.

Влияние способов и условий обработки на шероховатость поверхности

Для выбранного материала заготовки на качество обработанной поверхности основное влияние оказывают метод обработки и режимы резания. Каждому методу обработки присущи определённый диапазон высоты неровностей обработанной поверхности и определённое направление неровностей поверхности. При строгании, долблении, протягивании неровности обработанной поверхности являются прямолинейными и направленными вдоль главного рабочего движения режущего инструмента. При точении неровности обработанной поверхности направлены по спирали при обработке обычными резцами или по окружностям, расположенным в параллельных плоскостях поперёк оси обрабатываемой заготовки, при обработке фасонными резцами. При хонинговании и суперфинише неровности обработанной поверхности направлены по перекрещивающимся спиральям.

Метод обработки оказывает значительное влияние на формирование поверхностного слоя обработанной детали. Одни методы обработки вызывают упрочнение поверхностного слоя по сравнению со свойствами основного материала, а другие – ослабление поверхностного слоя.

Формирование поверхностных слоёв деталей, обработанных резанием, происходит в результате тепловых и силовых явлений при резании в основном на окончательных операциях механической обработки.

Наличие в поверхностном слое детали остаточных напряжений сжатия повышает износостойкость и предел усталости материала детали, а наличие напряжений растяжения и структурных неоднородностей вредно отражается на качестве поверхностного слоя детали. Например, при шлифовании в поверхностном слое детали возникают остаточные напряжения растяжения и структурные неоднородности материала вследствие сильного нагрева поверхностного слоя обрабатываемой заготовки в местах контакта её со шлифовальным кругом. В результате этого на шлифованной поверхности детали могут образовываться микротрещины. При тонком точении в поверхностном слое обрабатываемой заготовки могут быть получены сжимающие остаточные напряжения.

Наличие в поверхностном слое детали остаточных напряжений сжатия повышает износостойкость и предел усталости материала детали, а наличие напряжений растяжения и структурных неоднородностей вредно отражается на качестве поверхностного слоя детали. Например, при шлифовании в поверхностном слое детали возникают остаточные напряжения растяжения и структурные неоднородности материала вследствие сильного нагрева поверхностного слоя обрабатываемой заготовки в местах контакта её со шлифовальным кругом. В результате этого на шлифованной поверхности детали могут образовываться микротрещины. При тонком точении в поверхностном слое обрабатываемой заготовки могут быть получены сжимающие остаточные напряжения.

Методы чистовой и отделочной обработки без снятия стружки создают наклёп в поверхностном слое обработанной заготовки. Наклёпанный слой имеет более высокую твёрдость по сравнению с основным материалом (сердцевинной), и в нём возникают сжимающие остаточные напряжения. Это вызывает упрочнение поверхностного слоя детали. При этом повышаются износостойкость и усталостная прочность деталей.

Из элементов режима резания при обработке стандартными резцами и фрезами наиболее значительное влияние на шероховатость обработанной поверхности заготовки оказывают подача S (рисунок 5) и скорость резания V (рисунок 6).

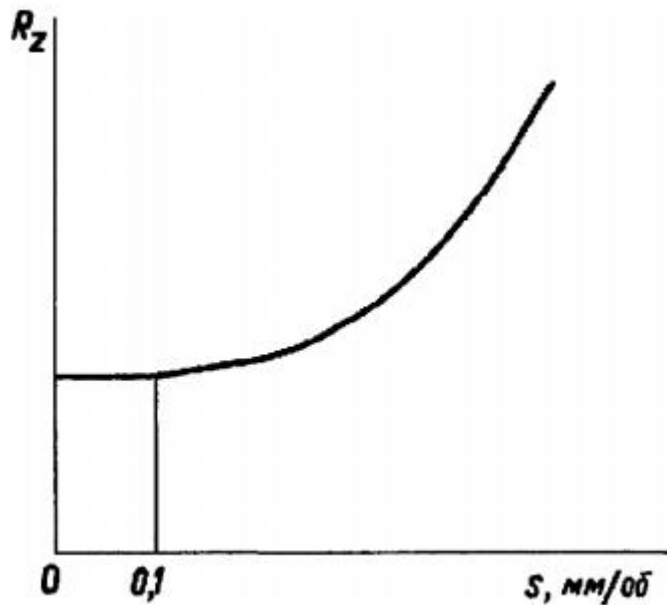


Рисунок 5 - Зависимость высоты неровностей поверхности от величины подачи

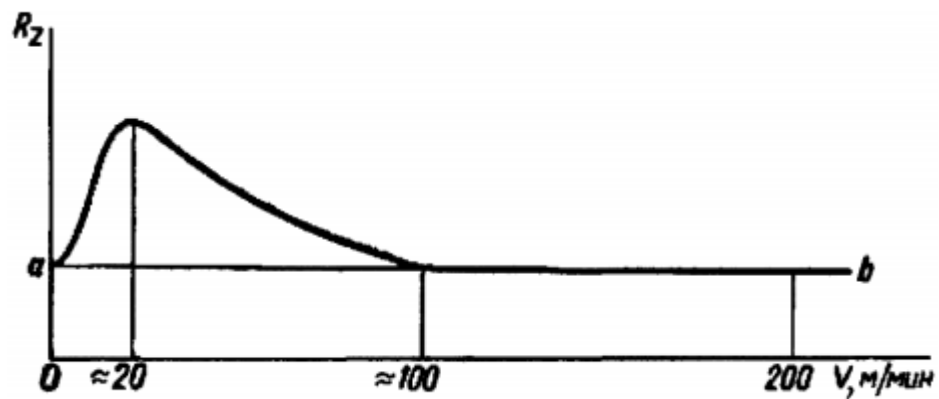


Рисунок 6 - Зависимость высоты неровностей поверхности от величины скорости резания

При обработке стандартными резцами высота неровностей поверхности по десяти точкам Rz с уменьшением подачи сначала снижается очень быстро (рис. 5), а затем с уменьшением подачи снижение высоты неровностей замедляется, и при подачах менее 0,1 мм/об высота неровностей обработанной поверхности практически не изменяется. Поэтому при точении стандартными резцами можно получить высоту неровностей по десяти точкам не ниже 1,25 мкм (при тщательной доводке режущих кромок резца), а экономически выгодно – не ниже 5 мкм.

При малых величинах подачи основную роль в образовании неровностей поверхности, обработанной резанием, играют риски на передней и задней поверхностях режущего инструмента.

Величина подачи практически не влияет на высоту неровностей обработанной поверхности при точении и строгании широкими резцами с дополнительной горизонтальной режущей кромкой.

Высота неровностей поверхности по десяти точкам Rz с увеличением скорости резания сначала увеличивается, затем с увеличением скорости резания увеличение высоты неровностей прекращается, при дальнейшем увеличении скорости резания высота неровностей начинает уменьшаться, а при скоростях резания свыше 100 м/мин высота неровностей обработанной поверхности практически не изменяется.

Глубина резания t при высокой жёсткости обрабатываемых заготовок не влияет на шероховатость обработанной поверхности, а при малой жёсткости обрабатываемых заготовок высота неровностей обработанной поверхности возрастает с увеличением глубины резания и шероховатость может перейти в волнистость (при глубине резания, превышающей вибрационную глубину резания).

Технологические методы, повышающие качество поверхностного слоя деталей машин

В зависимости от назначения, условий эксплуатации, ремонта и утилизации изделий к ним предъявляются различные требования. Эти требования обеспечиваются при их проектировании и, особенно, при их изготовлении. На этапе проектирования к числу важнейших факторов относятся правильный выбор материалов, назначение требований по геометрической точности и шероховатости поверхностей деталей.

Свойства конструкционных материалов играют огромную роль, и исходное их состояние должны гарантировать поставщики этих материалов. Однако, не умаляя роли конструкционных материалов, отметим, что основные характеристики качества изделий формируются в процессе их изготовления. Именно в процессе изготовления обеспечиваются обоснованные при проектировании требования по геометрической точности, качеству поверхности и поверхностного слоя материала изделий.

Известно, что состояние поверхностного слоя валов и других деталей оказывает существенное влияние на эксплуатационные свойства машин. Специальной обработкой можно придать поверхностным слоям деталей машин особые физико-механические свойства. Для этой цели в машиностроении применяют ряд методов. Все эти методы могут быть классифицированы следующим образом:

— методы поверхностной термической обработки (обычная закалка, закалка токами высокой частоты);

— химико-термические методы (цементация, азотирование, цианирование);

— диффузионная металлизация (диффузионное алитирование, хромирование, силицирование и др.);

— покрытие поверхностей твердыми сплавами и металлами (покрытие литыми и порошкообразными сплавами);

— металлизация поверхностей (распылением расплавленным металлом);

— поверхностно-пластическое деформирование.

В получении поверхностного слоя высокого качества важную роль играют финишные операции, из которых наиболее распространено шлифование. Процессу шлифования свойственно образование в зоне обработки высоких температур и, как следствие, возникновение растягивающих напряжений, которые снижают износостойкость деталей. Для уменьшения остаточных напряжений растяжения необходимо снижать интенсивность теплообразования путем уменьшения глубины шлифования, увеличения скорости подачи детали, применения более мягких кругов и обильного охлаждения. Например, износостойкость детали из отожженной стали У8 после тонкого шлифования повышается в 1,5 - 2 раза по сравнению со шлифованием при обычных режимах резания. При точении наиболее износостойкая поверхность получается при скоростном резании на малых режимах (скорость резания 150 - 400 м/мин, глубина резания 0,1 - 0,3 мм, подача 0,05 - 0,1 мм/об).

На состояние поверхностного слоя детали влияют не только режимы финишных операций, но и предшествующие им операции обработки, в том числе и технология получения исходных заготовок. Для получения износостойкого поверхностного слоя применяют ряд технологических приемов. К ним относятся:

- термическое упрочнение поверхностного слоя путем закалки стальных деталей;
- химико-термическая обработка (цементация с последующей закалкой и отпуском, азотирование, борирование и др.);
- нанесение на рабочие поверхности покрытий гальваническим или химическим способом, наплавкой износостойких сплавов, металлизацией, напылением и другими способами;
- упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием.

Поверхностное пластическое деформирование достигается упрочнением деталей дробью, обкаткой наружных поверхностей, раскаткой дорнированием отверстий. Эти способы упрочнения стальных деталей позволяют повысить точность размеров и уменьшить шероховатость поверхности, увеличить усталостную прочность и износостойкость деталей.

При упрочнении деталей дробью применяют стальную дробь диаметром от 0,4 до 2 мм, которую направляют с помощью дробемёта на обрабатываемую поверхность со скоростью 50 - 90 м/с, создавая наклеп на глубину до 1 мм. Наиболее распространены механические дробемёты, в которых дробь разбрасывается лопатками ротора, вращающегося с частотой до 3500 об/мин, и пневматические (дробеструйный наклеп). Получают распространение центробежно-шариковый наклеп, выполняемый специальным устройством (рис. 1).

В зависимости от физико-механических свойств детали твердость поверхностного слоя в результате упрочнения дробью повышается на 20 - 50%, а глубина наклепа достигает 0,5 - 1,5 мм. В зоне наклепа образуются сжимающие напряжения до 500 – 800 МПа, а под объём растягивающие. Повышение времени обработки приводит к появлению

Микротрещин в результате перенаклепа. При упрочнении пружин срок их службы повышается в 1,5 - 2 раза, зубчатых колес в 2 - 2,5; рессор - в 10 - 12; щек камнедробилок в 3 - 4 раза. Упрочнение наружных поверхностей путем их обкатки свободно вращающимися роликами (рис. 6.8) осуществляется путем прижима роликов к обрабатываемой поверхности силой $P = 1,5 - 4$ кН. Припуск на обкатывание составляет 0,01 - 0,02 мм. В результате обкатывания стальных деталей шероховатость поверхности может быть изменена с $Ra = 2,5$ мкм до $Ra = 0,32$ мкм, а точность размера повышена на 10-15%. Перед обкатыванием поверхность обрабатывают чистовым обтачиванием, а плоскости – чистовым фрезерованием. После обкатки твердость поверхности повышается на 15 - 25%. Применяя обкатывание галтелей коленчатых валов, повышают их усталостную прочность.

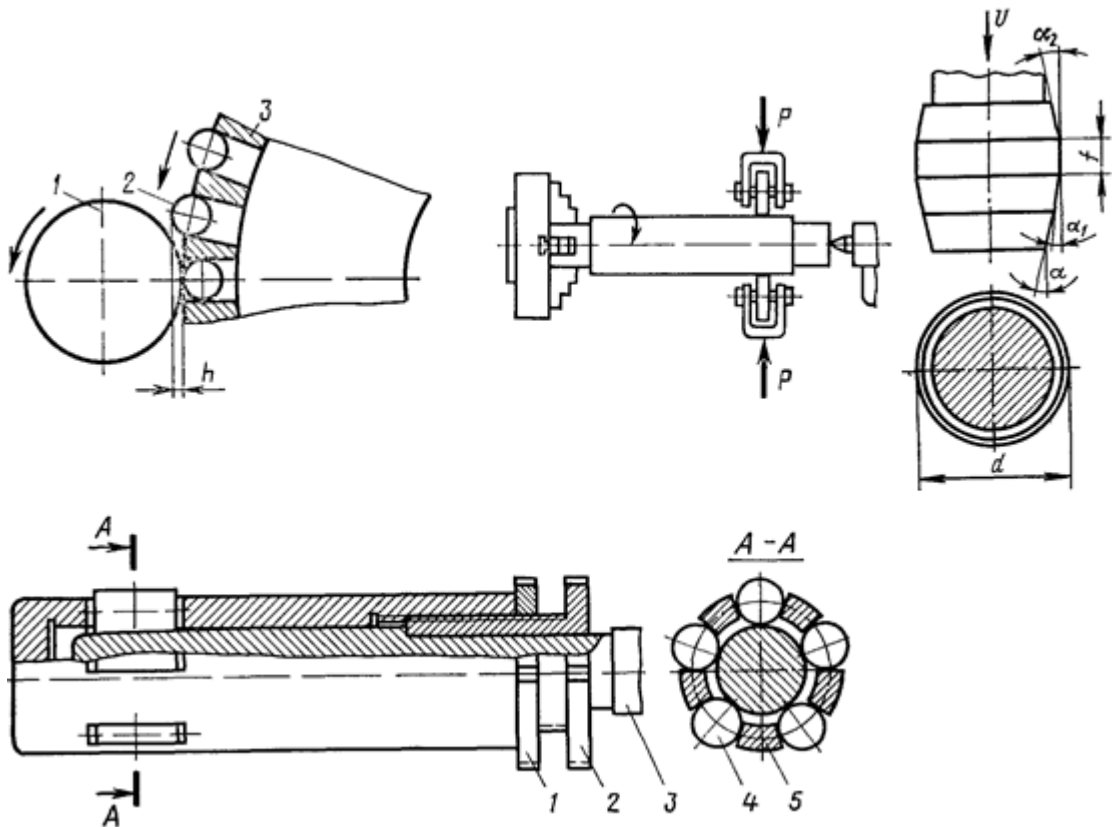


Рисунок 1- Устройства для поверхностного наклепа

Упрочнять галтели коленчатых валов можно также вибрирующим или механической чеканкой, причем для чеканки коленчатых валов приспособление монтируют на суппорте токарного станка, а закрепляют в центрах станка. В результате чеканки возникают напряжения сжатия до 1000 МПа, а твердость поверхности повышается на 30-40 %.

Для раскатывания отверстий применяют раскатники (вальцовки). Отверстия раскатывают при изготовлении гидроцилиндров, корпусных деталей, шатунов. Раскатка показана на рис. 2, в.

Дорнирование- это процесс продавливания дорна или стальных шариков через отверстие. При этом точность отверстия повышается на один квалитет, а шероховатость поверхности изменяется с $Ra=2,5$ мкм до $Ra =0,63...0,16$ мкм при одновременном повышении износостойкости детали.

Упрочняющая технология дает эффект не только при изготовлении деталей, но и после выполнения ремонтных операций, например, после наплавки изношенных поверхностей, так как операции наплавки снижают усталостную прочность деталей.

Отделочная обработка

На этапе отделочной обработки обеспечиваются повышенные требования к шероховатости поверхности. При этом могут повышаться в небольшой степени точность размеров и формы обрабатываемых поверхностей. К методам отделочной обработки относятся доводка, притирка, суперфиниширование, полирование и пр.

Абразивная доводка является окончательным методом обработки заготовок деталей типа тел вращения, обеспечивающим малые отклонения размеров, отклонение формы обрабатываемых поверхностей и $Ra = 0,16...0,01$ мкм. Этот метод характеризуется одновременным протеканием механических, химических и физико-химических процессов. Доводку выполняют с помощью ручных притиров или на специальных доводочных станках (рис. 2).

В единичном производстве, при ремонте притирку производят на токарном станке притиром в виде втулки, сделанной по размеру притираемой детали, с одной стороны, втулка разрезана (рис. 2, а).

Втулку смазывают доводочной пастой или тонким слоем мелкого корундового порошка. Деталь при доводке смазывают жидким машинным маслом или керосином. Припуск на доводку составляет 5...20 мкм на диаметр. Скорость вращения заготовки $V_{заг} = 10...20$ м/мин. В крупносерийном и массовом производстве процесс механизирован и иногда называется лаппингование.

Притирка осуществляется между двумя чугунами (свинцовыми, медными) притирами (рис. 2, б).

Диски вращаются в разные стороны. Детали закладываются в сепаратор, закрепленный на кривошипе. Достижимая точность процесса ПТ15, $Ra = 0,05...0,025$ мкм.

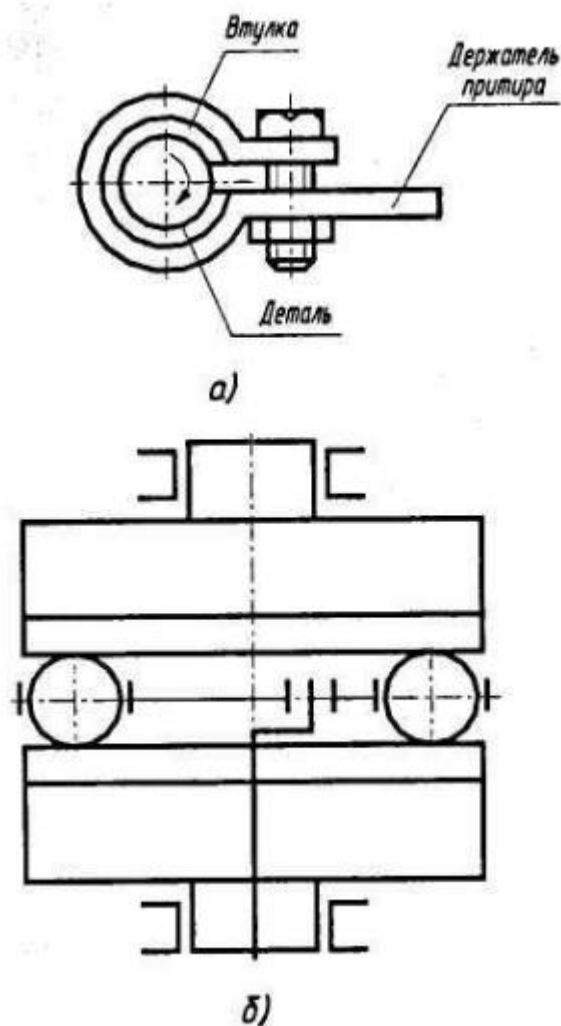


Рисунок 2 – Схемы доводки:

a – с помощью ручных притиров; *б* – на плоскодоводочных станках

Суперфиниширование— отделочная обработка различных поверхностей деталей, в том числе цилиндрических, абразивными брусками (рис. 3).

В результате суперфиниширования шероховатость поверхности снижается до $Ra = 0,1...0,016$ мкм, увеличивается относительная опорная длина профиля поверхности с 20 до 90 %. Существенного изменения размеров и макрогеометрии поверхности не наблюдается. Обработка производится мелкозернистыми (зернистость не ниже 320) брусками с добавлением смазочного вещества (смесь керосина с маслом) при небольшой скорости (до 2,5 м/с) и с весьма малыми давлениями инструмента на поверхность детали (0,1...0,3 МПа — для заготовок деталей из стали; 0,1...0,2 МПа — для заготовок деталей из чугуна и 0,05...0,1 МПа — для заготовок деталей из цветных металлов).

В простейших схемах обработки на различных станках общего назначения осуществляются следующие движения: вращение заготовки (окружная скорость $0,05...2,5$ м/с); возвратно-поступательное движение (колебание инструмента или заготовки — ход $2...6$ мм, число двойных ходов $200... 1000$ в 1 мин); перемещение инструмента вдоль поверхности заготовки. Толщина снимаемого слоя металла $0,005...0,02$ мм.

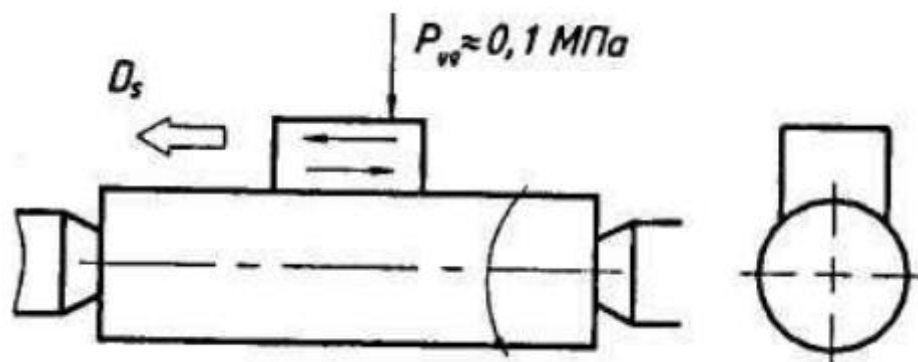


Рисунок 3 – Схема суперфиниширования

Полирование предназначено для уменьшения параметров шероховатости поверхности без устранения отклонений размеров и формы деталей. При окончательном полировании достигается (при малых давлениях резания $0,03...0,2$ МПа) параметр шероховатости $Ra = 0,1...0,01$ мкм. Абразивными инструментами являются эластичные круги (войлок, ткань, кожа и т. п.), покрытые полировальными пастами, шлифовальные шкурки и свободные абразивы (обработка мелких заготовок в барабанах и виброконтейнерах). В качестве абразивных материалов применяют электрокорунд, карбиды кремния, бора, окись хрома, железа, алюминия, пасты ГОИ, алмазные и эльборовые шкурки и др.

Тема 1.4. Базирование и закрепление заготовок

1. Виды баз. Принципы постоянства и совмещения баз.
2. Последовательность обработки поверхностей деталей.
3. Способы установки деталей при обработке и правило «шести точек».
4. Погрешность базирования.

Виды баз. Принципы постоянства и совмещения баз

Для целей проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта изделий машиностроения установлены термины и определения основных понятий базирования и баз (ГОСТ 21495-76).

Качество изготовленного изделия во многом зависит от того, насколько правильно оно установлено и закреплено в процессе механической обработки, т.е. произведено её *базирование*.

При обработке заготовок на станках различают следующие поверхности (рисунок 1).

- а) *основные* (*A*) – с помощью которых определяют положение детали в изделии;
- б) *вспомогательные* (*B*) – определяющие положение присоединяемых деталей относительно данной;
- в) *исполнительные* (*C*) – поверхности, выполняющие служебное (функциональное) назначение (здесь – поверхность зуба колеса);
- г) *свободные* (*D*) – не соприкасающиеся с другими деталями и служащие для придания необходимой формы всей конструкции.

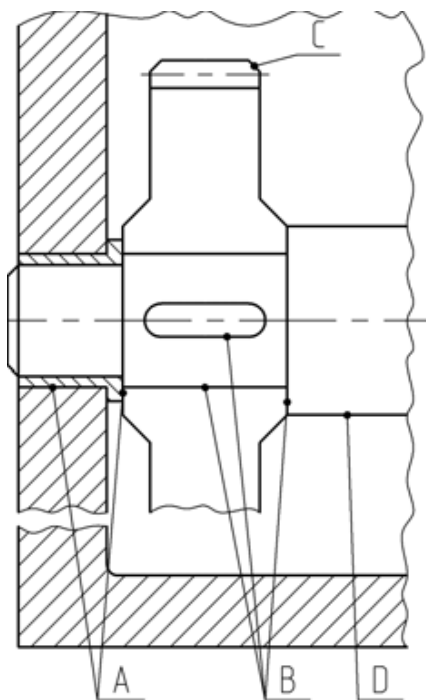


Рисунок 1 – Виды поверхностей

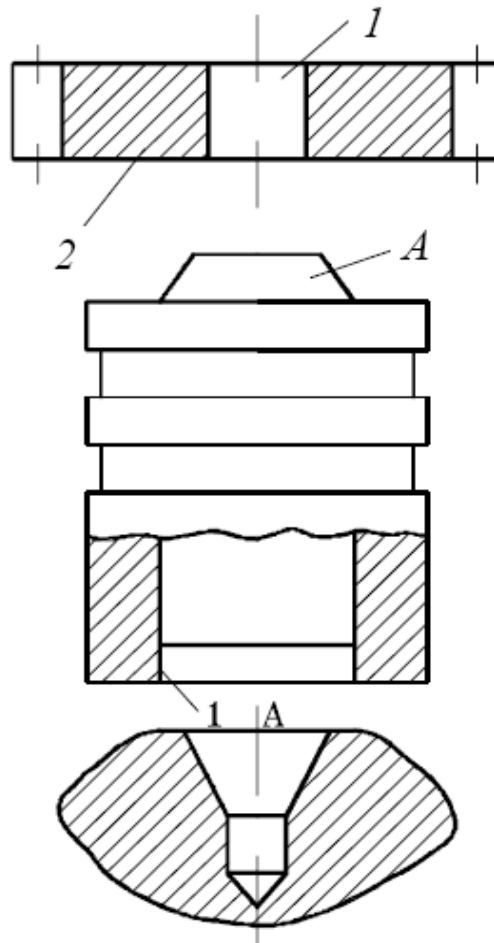


Рисунок 2 – Технологические базы

База – поверхность (сочетание поверхностей, ось, точка) принадлежащие заготовке (изделию), используемая для базирования.

Базирование – придание заготовке (изделию) требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Проектирование техпроцессов обработки и сборки, а также расчет погрешностей связаны с выбором баз, которые подразделяются на проектные, конструкторские, технологические и измерительные.

1) **Проектными** называют базы, выбранные при проектировании изделия, технологического изготовления или ремонта изделия. При проектировании изделия они определяют расчетное положение детали относительно других элементов изделия, при проектировании техпроцесса - расчетное положение обрабатываемой заготовки относительно других элементов технологической системы (режущего инструмента, приспособления и станка). Проектные базы на чертежах представляют в виде геометрических элементов (оси отверстий и валов, плоскости симметрии, биссектрисы углов).

2) **Конструкторскими** называют базы, используемые для – определения положения детали (сборочные единицы) в изделии. При сборке изделия сопрягают конструкторские базы его элементов. Конструкторские базы являются реальными поверхностями элементов изделия.

3) **Технологическими** называют базы, используемые для определения положения заготовки или изделия при изготовлении или ремонте.

Различают основные и вспомогательные (искусственные) технологические базы.

Основные – это поверхности, которые являются элементом конструкции детали и выполняют определенную роль при его работе в изделии. Например, поверхность отверстия 1 (рисунок 3, а) и торец заготовки 2, используемые для базирования при нарезании зубьев, являются основными технологическими базами.

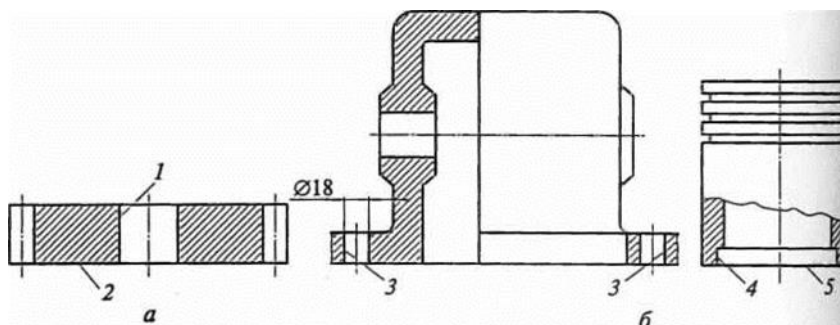


Рисунок 3- Основные (а) и вспомогательные (б) базы поверхностей деталей:

1— отверстие; 2 — торец заготовки; 3 — установочное отверстие; 4 — центрирующий пояс; 5 — торец юбки поршня

Вспомогательные – это поверхности специально созданные на детали исходя из технологических соображений и для работы детали в изделии они не нужны.

В качестве вспомогательных технологических баз используют центровые гнезда валов (рисунок 2), два установочных отверстия 3 (рисунок 3, б) на заготовках корпусных деталей, центрирующий пояс 4 и торец 5 юбки поршня двигателя, специальные приливы для удобства установки и закрепления отливок и др.

4) **Измерительными** называют базы, используемые для отсчета размеров при обработке заготовки (при сборке изделия) или для проверки взаимного положения поверхности детали (элементов изделия). Например, согласно рисунка 4 при определении параллельности плоскости В относительно плоскости А измерительной базой будет плоскость А.

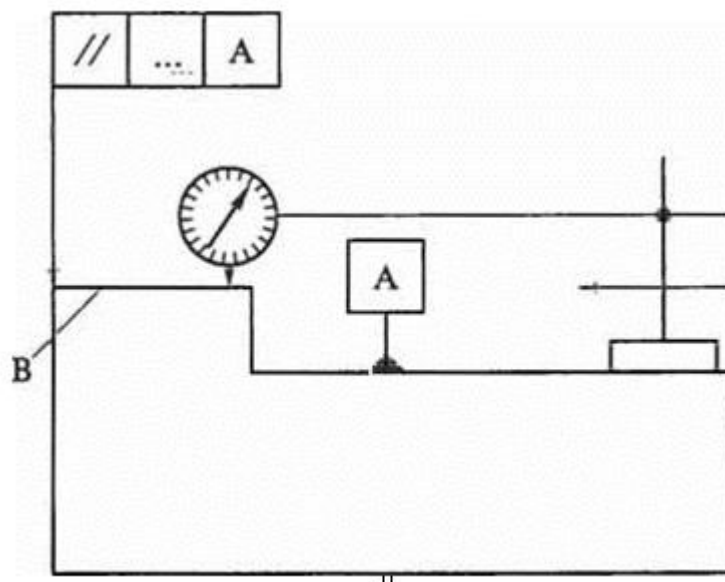


Рисунок 4 - Измерительная база при определении параллельности плоскостей

Способы установки деталей при обработке и правило «шести точек»

Известно, что требуемое положение твёрдого тела относительно системы координат $Oxuz$ может быть задано наложением на него шести двусторонних связей, лишаящих тело трёх перемещений вдоль осей Ox , Oy , Oz и трех поворотов вокруг этих осей. Например, при обточке вала на станке его необходимо закрепить и в то же время обеспечивать вращение. Следовательно, при базировании вал будет лишен только 5 степеней свободы, а шестая степень свободы – вращение вокруг собственной оси – у него остается.

Наложение двусторонних связей достигается соприкосновением базирующих поверхностей тела с базирующими поверхностями других тел, к которым оно присоединяется, и приложением силового замыкания для обеспечения необходимого контакта.

Рассмотрим схему базирования призматической заготовки (несмотря на разнообразие деталей они, как правило, представляют собой набор элементарных поверхностей) (рисунок 5).

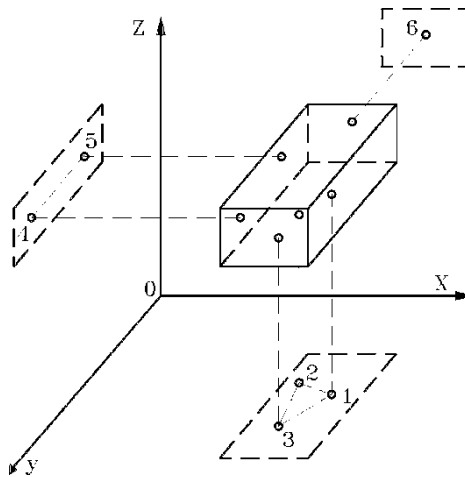


Рисунок 5 - Базирование призматической заготовки

Основание призмы $у0x$ будет иметь три опорные точки (двусторонние связи). При этом тело лишается трёх степеней свободы: (1) – перемещение $0z$; (2–3) – вращение вокруг $0x$ и $0y$.

Фиксируясь по плоскости $у0z$ с помощью двух опорных точек (двух связей) тело лишается двух степеней свободы: (4) – перемещение по $0x$; (5) – вращение вокруг оси $0z$.

Опорные точки на схеме базирования изображают условными знаками (рисунок 6) и нумеруют порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагается наибольшее количество опорных точек, как показано для призматической заготовки (рисунок 7).

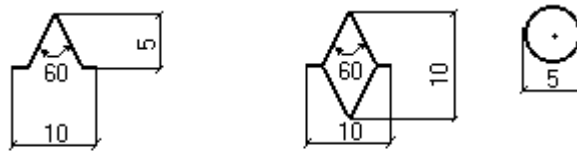


Рисунок 6 - Условное обозначение опорных точек:

а – для боковых поверхностей - профиль; б – для поверхностей в плане (два варианта)

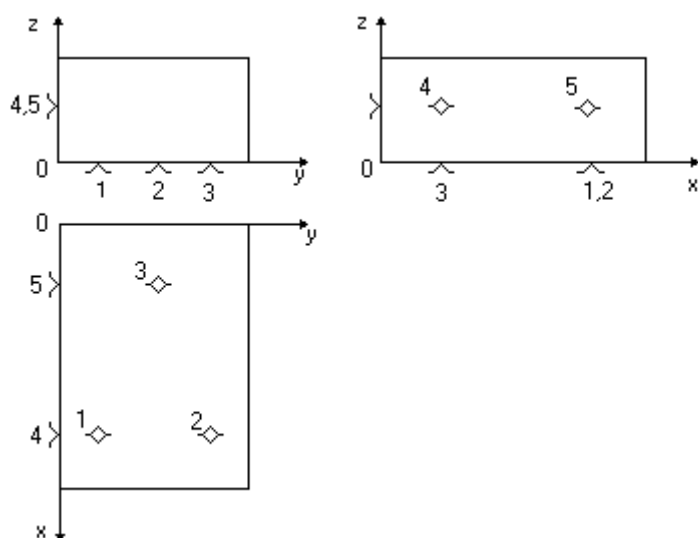


Рисунок 7 - Пример расположения опорных точек на призматической заготовке

Базирование заготовок с обязательным лишением их всех степеней свободы – *правило шести точек*.

В зависимости от количества лишаемых степеней свободы (рисунок 8) базы классифицируются на:

- 1) *установочные* – с наиболее развитой площадью, включающие три опорные точки и лишаящие тело трёх степеней свободы (перемещение вдоль одной и вращение вокруг двух других осей);
- 2) *направляющие* – поверхности наибольшей длины, включающие две опорные точки, и лишаящие тело двух степеней свободы (перемещение вдоль одной оси и вращение вокруг другой);
- 3) *опорные* – имеющие одну опорную точку, лишаящие тело одной степени свободы (перемещение вдоль оси, или вращение вокруг неё).

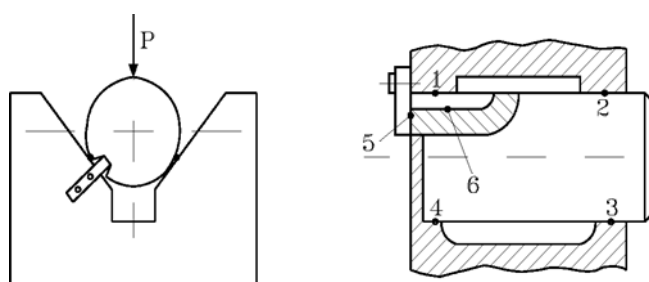


Рисунок 8 - Варианты базирования

При базировании цилиндрических заготовок (например, в призме) их положение определяется четырьмя опорными точками, расположенными на цилиндрической поверхности, образующими двойную *направляющую базу*.

Указанные выше схемы базирования – схемы *полного базирования*, т.е. с лишением всех степеней свободы (комплект из трёх баз). При лишении тела подвижности только в одном направлении применяют *схемы упрощённого базирования*.

При обработке поверхности, определяемой размерами a и b неточность установки относительной оси y не имеет значения, поэтому достаточно двух базирующих поверхностей (I и II), а торец заготовки используют как опорную (но не базирующую) поверхность, прилегающую к упору (рисунок 5).

По конструктивному оформлению базы подразделяются на скрытые и явные.

К *скрытым* базам относятся воображаемые плоскость, ось или точка, используемые в качестве одной из баз.

К *явным* (конструктивно оформленным) базам относятся реальные поверхности, разметочные риски, точки, пересечения рисок.

Погрешность базирования

Погрешность базирования – отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при базировании от требуемого.

Погрешность установки – отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при установке от требуемого.

Требуемое положение заготовки - положение установочных элементов, при котором система координат заготовки совпадает с системой координат станка или приспособления.

При обработке партии деталей на настроенных станках рассматривается не фактическая погрешность базирования каждой детали из партии, а погрешность базирования как поле рассеивания всех размеров деталей данной партии. Величины максимальной и минимальной возможной погрешности базирования можно определить расчётным путем для каждой схемы базирования.

Погрешность установки при обработке партии деталей формируется в результате действия погрешности базирования (Δ_b), погрешности закрепления (Δ_z) и погрешности приспособления ($\Delta_{пр}$).

В общем виде она может быть представлена как векторная сумма этих погрешностей:

$$\Delta y = \Delta_b + \Delta_z + \Delta_{пр}.$$

Погрешность закрепления возникает вследствие деформации заготовки или её смещения из-за действия усилий зажима. Но усилия зажима непостоянны в процессе обработки партии деталей. Их величина зависит от колебаний давления сжатого воздуха в сети или масла в гидросистеме, колебаний сил магнитного зажима или силы тока в цепи, колебаний усилий ручного зажима. Также имеют место и колебания упругих деформаций заготовок из-за различной поверхностной твёрдости и размеров заготовки в зажимаемых сечениях.

Поэтому прогнозирование погрешности закрепления при обработке партии деталей возможно лишь с использованием среднестатистических полей рассеивания погрешностей закрепления для типовых приспособлений.

Погрешность приспособления возникает из-за наличия геометрических погрешностей элементов приспособления при его изготовлении, износа во время эксплуатации опорных рабочих поверхностей, а также из-за неправильной установки приспособления на рабочем столе станка.

При практических расчётах общая погрешность установки, возникающая при обработке партии деталей на настроенных станках, определяется в соответствии с правилами суммирования случайных величин по формуле:

$$\Delta y = \sqrt{\Delta b^2 + \Delta z^2 + \Delta n p^2} .$$

Тема 1.5. Технологичность и ремонтпригодность конструкций машин

1. Общие понятия о технологичности конструкции машины.
2. Технологические требования к изготовлению деталей, сборочных единиц и машин.
3. Технологичность сварных конструкций.
4. Ремонтпригодность машин.

Общие понятия о технологичности конструкции машины

Под *технологичностью конструкции* понимают совокупность свойств детали, позволяющих изготовить ее наиболее рациональными способами. Технологичной можно считать такую конструкцию детали, которая, будучи эффективной и надежной в эксплуатации, является вместе с тем наименее трудоемкой и металлоемкой в изготовлении.

Технологичность конструкции деталей машин определяет затраты труда и средств на изготовление и обработку деталей.

Существуют определенные рекомендации для принятия конструктивных решений с учетом требований, предъявляемых производством. Эти рекомендации разработаны применительно к различным видам изготовления заготовок деталей, способам их механической обработки и с учетом особенностей других этапов изготовления деталей (термической обработки, металлопокрытий, сборки и т. д.).

Конструкция машины считается *технологичной*, если она соответствует современному уровню техники, экономична и удобна в эксплуатации, позволяет использовать наиболее производительные и экономичные технологические методы ее изготовления применительно к заданному объему выпуска и условиям производства.

Оценку технологичности конструкции данной машины по сравнению с другой (лучшего отечественного или зарубежного образца) производят,

сопоставляя их трудоемкость, себестоимость, материалоемкость и удобство эксплуатации. Дополнительную оценку производят по степени унификации марок материалов, унификации и нормализации элементов изделия, рациональности расчленения его на конструктивные и технологические элементы, достигнутому уровню взаимозаменяемости элементов изделия, массе машины, конструктивной преемственности оригинальных деталей и составных частей изделия, коэффициентам среднего класса точности и шероховатости поверхности деталей изделия, возможности сокращения сроков подготовки и освоения производства изделия, а также возможности автоматизации его изготовления.

Технологичность конструкции (ТК) изделия – понятие относительное, так как для одной и той же машины будет разной в зависимости от типа производства. ТК одного и того же изделия будет разной для заводов с различными производственными возможностями. Развитие средств технологического оснащения изменяет уровень технологичности конструкции.

ТК изделий – понятие комплексное, т. к. должно учитывать все стадии производства с учетом условий выполнения заготовительных процессов, процессов обработки, сборки и контроля. Отработанная на технологичность конструкция заготовки не должна усложнять последующую механическую обработку и сборку, обеспечивая при этом минимальную трудоемкость и себестоимость изготовления машины в целом.

Понятие ТК машин распространяют не только на область производства, но и на область их эксплуатации. Конструкция машин должна быть удобной для обслуживания и ремонтпригодной. Последнее важно, поскольку затраты на все виды ремонта часто превышают себестоимость изготовления новых изделий. Повышение ремонтпригодности изделия обеспечивается легкостью и удобством его разборки и сборки, осуществлением принципа узловой смены и узлового ремонта элементов изделия, введением в конструкцию сменных изнашиваемых деталей, а также возможностью восстановления наиболее сложных деталей.

Технологичность конструкции изделия оценивается качественно и количественно. Качественная оценка ТК основана на инженерно-визуальных методах оценки и проводится по отдельным конструктивным и технологическим признакам. Качественная оценка одного конструктивного исполнения изделия («хорошо-плохо», «допустимо-недопустимо», «лучше-хуже») дается на основании соответствия его основным требованиям к производственной, эксплуатационной и ремонтной технологичности. Качественная оценка, как

правило, предшествует количественной оценке, но вполне совместима с ней на всех стадиях проектирования изделия.

Количественная оценка ТК основана на инженерно-расчетных методах, посредством которых определяют и сопоставляют расчетным путем численные значения показателя ТК проектируемого изделия и соответствующего показателя конструкции изделия, принятого в качестве базы для сравнения.

Технологические требования к изготовлению деталей, сборочных единиц и машин. Требования к конструкции сборочных единиц

Унификация и стандартизация. Блочно-модульная конструкция позволяет производить четкое разбиение изделия на отдельные узлы и блоки. Сформулировав требования к этим узлам и блокам, можно организовывать их независимое производство в различных цехах завода или даже на разных заводах. Предприятия-производители могут выпускать изделия по кооперации между собой. При таком разделении может иметь место использование отдельных узлов в конструкциях разных фирм-производителей. Так, например, узлы механизма принтера фирмы Canon используются в аналогичных конструкциях фирмы Hewlett Packard. Унификация узлов машин и механизмов позволяет существенно сократить число типоразмеров различных узлов, что значительно уменьшает продолжительность этапа проектирования изделия. Сборка изделий из унифицированных узлов позволяет более гибко удовлетворять заказы различных потребителей, так как изделие по желанию заказчика может быть укомплектовано различными узлами.

Групповое конструирование изделий. Групповая разработка изделий позволяет значительно сокращать затраты на проектирование специального оборудования и оснастки.

Адаптация конструкции. Конструирование изделия необходимо производить с учетом последующей автоматической сборки. Его конструкция должна позволять производить сборку без частичной разборки, осуществлять процесс сборки при минимальном числе движений по различным осям координат. Количество деталей в сборочной единице должно быть минимальным, для чего, по возможности, детали необходимо изготавливать как единое целое. Например, имеется сборочная единица (рисунок 1,а), состоящая из вала, шпонки и шестерни. Представленную сборочную единицу можно заменить валом-шестерней (рисунок 1.7,б).

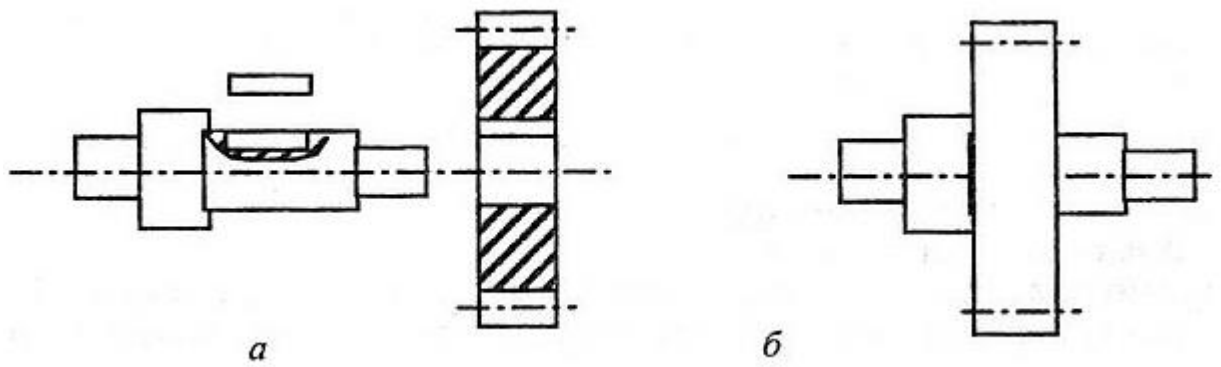


Рисунок 1 - Сокращение деталей в сборочной единице

При сборке изделий необходимо обеспечивать свободный доступ сборочных инструментов: автоматических отверток и гайковертов, пуансонов, матриц, оправок и т.п. Пример изменения конструкции корпуса статора электродвигателя представлен на рисунке 2.

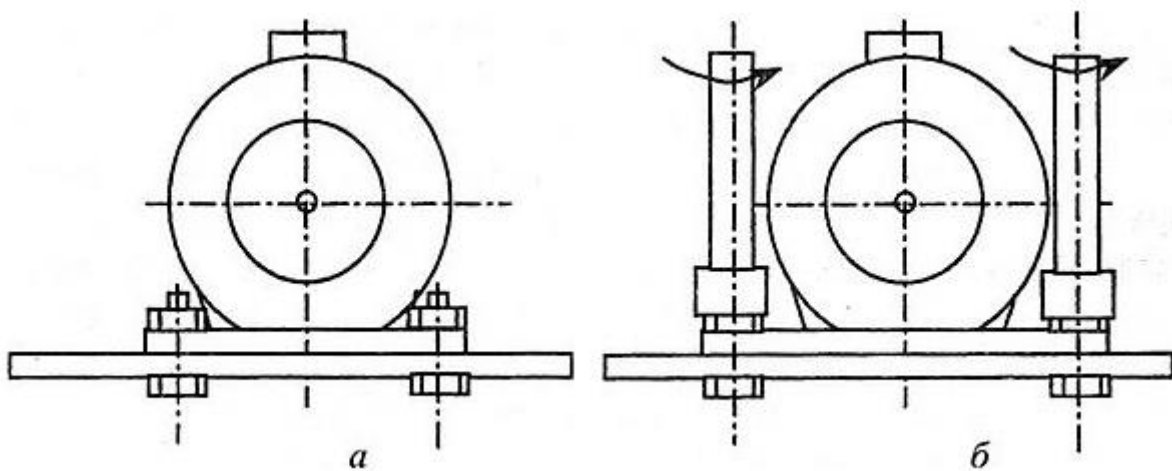


Рисунок 2 - Изменения конструкции изделия для обеспечения подвода автоматических гайковертов

Электродвигатель крепится к основанию (рисунок 2,а) при помощи болтов. Лапы крепления расположены под корпусом статора, что затрудняет подвод автоматического инструмента. Увеличив ширину лап так, чтобы они выступали за корпус статора (рисунок 2,б), можно обеспечить подвод блока гайковертов для завинчивания гаек крепления.

Технологичность сварных конструкций

Технологичность конструкции должна обеспечиваться на всех стадиях производственного процесса, начиная от заготовительных операций и заканчивая монтажом на месте эксплуатации.

Технологичность конструкции оценивают по классификационным показателям, т. е. по основным и дополнительным показателям технологичности. Для широкого применения средств механизации и автоматизации сборочных и сварочных работ необходимо предусматривать:

Технологичность конструкции оценивают по классификационным показателям, т. е. по основным и дополнительным показателям технологичности. Для широкого применения средств механизации и автоматизации сборочных и сварочных работ необходимо предусматривать:

- при конструировании — упрощение геометрических форм металлоконструкции, что приведет к уменьшению числа и суммарной длины швов;

- форму элементов металлоконструкций, обеспечивающую сварку в нижнем положении;

- применение в металлоконструкции сварных швов одного размера, благодаря чему перестройка режимов сварки будет производиться реже.

Важную роль в оценке технологичности металлоконструкции играет материалоемкость. Сокращение расхода металла в металлоконструкции на 1 % снижает ее себестоимость на 5 %. Применение низколегированных сталей в краностроении позволяет уменьшить материалоемкость на 15...20%. Сварные металлоконструкции являются более технологичными по сравнению с клепаными и другими конструкциями. В среднем общая трудоемкость изготовления сварных металлоконструкций на 15... 20 % меньше, чем клепаных.

При конструировании металлоконструкции следует исключить причины, вызывающие появление деформаций при сварке, т. е.:

- форма и расположение элементов не должны затруднять сварку и контроль;

- соединение должно быть спроектировано без накладок и при минимальном сечении швов за счет применения электродов и присадочных материалов, обеспечивающих высокую прочность соединений;

- сварные швы должны располагаться с учетом наименьших деформаций, без скученного расположения швов и частого пересечения, а также

несимметричного расположения швов относительно центра масс свариваемого элемента;

для сварки внутри коробок должны быть предусмотрены окна; вблизи сварных швов не должны располагаться окна и отверстия, так как при небольших перемычках возможно появление трещин;

необходимо избегать резких изменений сечения элементов при перекрещивающихся швах.

Технологичность конкретной конструкции оценивают качественно и количественно. Качественная оценка характеризует технологичность обобщенно на основании опыта исполнителя. Она предшествует количественной оценке и выражается численным показателем, характеризующим степень удовлетворения требованиям технологичности конструкции. Необходимость количественной оценки, номенклатура показателей и методика их определения устанавливаются отраслевыми стандартами и стандартами предприятий.

Для оценки технологичности используют специальные критерии.

1. Трудоемкость изготовления конструкции.
2. Эффективность использования материалов.
3. Технический уровень сварочного производства.

Ремонтопригодность машин

Время нахождения машины в ремонте, трудозатраты на его выполнение и качество его проведения в полной мере зависят от одного из свойств надежности ремонтнопригодности.

Ремонтопригодность - это свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

Термин "ремонтопригодность" как одно из свойств надежности машин традиционно трактуется в широком смысле. Этот термин эквивалентен международному термину "приспособленность к поддержанию работоспособного состояния" или, короче, "поддерживаемость". Помимо ремонтнопригодности в узком смысле это понятие включает в себя "обслуживаемость", то есть приспособленность объекта к техническому обслуживанию, "контролепригодность", то есть приспособленность конструкции к выполнению операции по контролю технического состояния, а также приспособленность к предупреждению и обнаружению отказов и повреждений и причин, их вызывающих.

Более общее понятие "эксплуатационная технологичность" включает в себя не только приспособленность конструкции, как следствие влияний конструктивных факторов, но также включает в себя ряд технико-экономических и организационных факторов, например, качество подготовки обслуживающего персонала и специалистов ремонтников.

Таким образом, допускается дополнительно к термину "ремонтпригодность" (в узком смысле) применять термины "обслуживаемость", "контролепригодность", "приспособленность к диагностированию", "эксплуатационная технологичность", «поддерживаемость».

Системы обслуживания и ремонта автомобильной техники находятся в тесной связи между собой. Часть работ и операций, характерных для одной системы, находят применение в другой системе. Например, при ТО широко применяется предупредительная замена изношенных элементов, а при ремонте – операции смазки, заправки, подтяжки креплений, регулировки.

Начальным этапом технологических процессов в обоих случаях является контроль технического состояния, который характеризуется контролепригодностью обуславливаемой нижеследующими показателями:

Полнота контроля - это отношение числа контролепригодных параметров к общему числу всех параметров, которые необходимы для оценки работоспособности машин;

Глубина контроля – это количественная характеристика степени детализации, с которой устанавливается место возникшего или прогнозируемого отказа.

Под доступностью конструкции машины понимается ее свойство, характеризующее свободным и удобным доступом к ее элементам с целью осуществления технологических операций при обслуживании и ремонте.

Под легкоъемностью понимается приспособленность к выполнению операций разборки и сборки с минимальными затратами времени и труда.

Блочность - расчленение конструкций на функционально самостоятельные составные части (сборочные единицы, блоки) с предусмотрением необходимых разъемов и вырезов, обеспечивающих совместимость с отдельными частями в целях выполнения производственных и эксплуатационных требований.

Взаимозаменяемость - свойство любых, независимо изготовленных конструкций агрегатов и элементов машины, обеспечивающее возможность их сборки или замены без выполнения пригоночных работ (обработки, подбора или регулировки); Восстанавливаемость – приспособленность деталей

восстанавливать свои первоначальные свойства под воздействием различных методов с наименьшими затратами труда и средств.

Под применимостью технологического оборудования и оснастки понимается их пригодность к выполнению операции технического обслуживания и ремонта машин.

Для объективной оценки ремонтпригодности машин используются оценочные показатели:

1. Вероятность восстановления — это вероятность того, что время восстановления работоспособного состояния объекта не превышает заданного значения;

2. Гамма - процентное время восстановления – это время, в течение которого восстановление работоспособного состояния объекта будет осуществлено с вероятностью γ (гамма), выраженной в процентах;

3. Среднее время восстановления – это математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния объекта после отказа;

4. Интенсивность восстановления — это условная плотность вероятности восстановления работоспособного состояния объекта, определенная для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого времени восстановление не было завершено;

5. Средняя трудоемкость восстановления – это математическое ожидание трудоемкости восстановления объекта после отказа.

Тема 1.6. Технология производства заготовок для деталей машин

1. Выбор метода получения заготовок.

2. Виды заготовок. Заготовки, получаемые литьем, пластической деформацией, порошковой металлургией, комбинированными методами (штамповочные и листосварные).

3. Предварительная обработка заготовок.

Выбор метода получения заготовок

Изготовление любой детали начинается с заготовки, которая с помощью механической, пластической, термической, химической и (или) иной обработки доводится до формы, размеров и качества готовой детали, заданных конструктором в чертеже.

Заготовкой называется предмет производства, из которого изменением формы и размеров, свойств материала и шероховатости поверхности изготавливают деталь или неразъёмную сборочную единицу.

Исходной заготовкой называется заготовка в том виде, который она имеет перед первой технологической операцией.

При выборе вида исходной заготовки учитывают технологические свойства материала заготовки (литейные свойства, пластичность, структуру и др.), конструктивные формы и размеры заготовки, требуемую точность размеров и взаимного расположения поверхностей, шероховатость и физико-механические свойства поверхностного слоя, объём выпуска изделий, срок их изготовления, время, отводимое на подготовку технологической оснастки для изготовления заготовок, а также технологические возможности данного предприятия.

На основе технико-экономического анализа производится выбор заготовки. Это делается путём вычисления и сравнения себестоимостей C_i различных i -х вариантов получения заготовок. Общая себестоимость и качество детали складываются из себестоимости и качества заготовки и себестоимости и качества её обработки. Поэтому всегда следует комплексно оценивать процесс получения изделия, включая производство заготовки и её обработку.

При выборе вида исходной заготовки существуют 2 направления:

1) применение точных заготовок, приближающихся по форме и размерам к готовым деталям;

2) применение грубых заготовок, форма и размеры которых значительно отличаются от формы и размеров готовых деталей, причём грубые заготовки упрощены по форме по сравнению с готовыми деталями.

Применение точных заготовок требует наличия специального оборудования и технологической оснастки. Поэтому целесообразно в основном в массовом и крупносерийном производствах и реже – в среднесерийном производстве.

Грубые заготовки изготавливают на универсальном оборудовании с применением минимального количества технологической оснастки в заготовительном цехе. Поэтому грубые заготовки применяются в основном в единичном и мелкосерийном производствах и реже – в среднесерийном производстве.

Виды заготовок. Заготовки, получаемые литьем, пластической деформацией, порошковой металлургией, комбинированными методами (штамповарные и листосварные)

В машиностроении различают следующие основные виды исходных заготовок:

- 1) отливки,
- 2) кованные заготовки,
- 3) штампованные заготовки,
- 4) прокат,
- 5) комбинированные заготовки,
- 6) заготовки, получаемые методом порошковой металлургии

Выбор метода изготовления отливок

В машиностроении отливки изготавливают следующими методами:

- 1) литьём в разовые земляные (песчано-глинистые) формы,
- 2) литьём в постоянные металлические формы,
- 3) центробежным литьём,
- 4) литьём в оболочковые формы,
- 5) литьём по выплавляемым моделям,
- 6) литьём под давлением.

Выбор метода изготовления кованных и штампованных заготовок

Кованные заготовки изготавливают свободной ковкой на молотах и прессах с применением универсальных инструментов или ковкой с применением подкладных штампов и подкладных колец.

Свободная ковка с применением универсальных инструментов применяется в единичном и мелкосерийном производствах, а ковка с применением подкладных штампов и подкладных колец – в среднесерийном производстве.

Применение подкладных штампов и подкладных колец позволяет приблизить форму поковки к форме готовой детали и сократить расход металла на 15 ÷ 20 % по сравнению с ковкой с применением универсальных инструментов. Ковка позволяет получать крупные заготовки из углеродистой и легированной стали

путём последовательного деформирования отдельных участков заготовки и улучшить физико-механические свойства материала заготовки.

Штампованные заготовки изготавливают следующими методами:

- 1) горячей объёмной штамповкой в открытых штампах,
- 2) горячей объёмной штамповкой в закрытых штампах,
- 3) горячей штамповкой на горизонтально-ковочных машинах,
- 4) холодной объёмной штамповкой,
- 5) холодной листовой штамповкой,
- 6) штамповкой с последующей чеканкой.

Выбор метода изготовления проката

Прокат разделяется на сортовой и фасонный.

Сортовым называют прокат, у которого касательная к любой точке контура поперечного сечения данное сечение не пересекает. К сортовому прокату относятся круглый, квадратный, шестигранный, листовой, полосовой прокат.

Фасонным называют прокат, у которого касательная хотя бы к одной точке контура поперечного сечения данное сечение пересекает. К фасонному прокату относятся горячекатаные двутавровые балки, швеллеры, уголки (равнополочный и неравнополочный) и профили специального назначения.

Сортовой прокат по методам изготовления делится на горячекатаный, калиброванный (холоднотянутый) и со специальной отделкой поверхности.

Горячекатаный сортовой прокат имеет грубую точность размеров поперечного сечения и низкое качество поверхности.

Калиброванный сортовой прокат имеет высокую точность размеров поперечного сечения (до 9 квалитета точности) и повышенное качество поверхности (у него отсутствует прокатная окалина). Сортовой прокат со специальной отделкой поверхности (серебрянка) производится только круглого сечения. Специальная отделка поверхности проката достигается удалением поверхностного слоя металла обтачиванием или шлифованием.

Горячекатаный прокат применяется в основном в единичном и мелкосерийном производствах и реже – в среднесерийном производстве для изготовления деталей, форма и размеры которых значительно отличаются от формы и размеров проката.

Калиброванный прокат применяется обычно для изготовления деталей на высокопроизводительных токарных станках – автоматах, а также для изготовления штучных заготовок холодной штамповкой. Высокая точность и качество поверхности калиброванного проката позволяют значительно сократить расход металла при его дальнейшей обработке. Отсутствие прокатной окалины на поверхности калиброванного проката увеличивает срок службы режущего инструмента.

Калиброванный прокат со специальной отделкой поверхности применяется для изготовления длинных цилиндрических деталей типа штоков, скалок, штифтов и т.п. деталей, у которых диаметр и качество наружной поверхности большой длины совпадают с диаметром и качеством поверхности проката.

Выбор метода изготовления комбинированных заготовок

Комбинированные заготовки представляют собой сложные заготовки, изготовленные из отдельных простых частей (элементов), полученных литьём, штамповкой, прокаткой, обработкой резанием и другими методами, и соединённых сваркой или заливкой в одну сложную заготовку, представляющую собой неразборную сборочную единицу.

К комбинированным заготовкам относятся штампо-сварные заготовки, отливки из легкоплавких металлов и пластмасс с закладными элементами из стали, изготовленными методами резания, и другие виды сложных заготовок.

Комбинированные заготовки применяют для изготовления крупных и сложных стальных заготовок типа станин и корпусов, а также маховичков, рукояток и подобных деталей с закладными элементами из более прочного материала, чем основной материал.

Применение комбинированных методов изготовления заготовок позволяет упростить технологию изготовления сложных заготовок, снизить их массу, уменьшить расход материала на изготовление заготовок, снизить трудоёмкость механической обработки.

Выбор заготовок, получаемых методом порошковой металлургии

Метод порошковой металлургии применяют для изготовления заготовок из тугоплавких материалов, псевдосплавов (медь – вольфрам, железо – графит), пористых материалов для подшипников скольжения.

Технологический процесс получения заготовок методом порошковой металлургии состоит из следующих этапов:

- 1) подготовка порошков исходных материалов,
- 2) подготовка шихты (смеси порошков исходных материалов),
- 3) прессование заготовки в специальных пресс-формах из подготовленной шихты,
- 4) термическая обработка (спекание порошков), обеспечивающая требуемые физико-механические свойства материала заготовки.

Метод порошковой металлургии позволяет изготавливать заготовки с высокой точностью размеров (до 7 квалитета точности), требующие только отделочной механической обработки отдельных поверхностей (заготовки зубчатых колёс, звёздочек, кулачков, храповиков, втулок подшипников скольжения и других деталей).

Из-за высокой стоимости технологической оснастки метод порошковой металлургии экономически выгодно применять только в массовом и крупносерийном производствах.

Предварительная обработка заготовок

Предварительная обработка заготовок заключается в придании им такого вида и состояния, при котором возможно выполнение обработки на металлорежущих станках. Характер выполнения предварительных операций зависит от вида заготовки.

Предварительная обработка отливок состоит в удалении литников и прибылей и термической обработке (в отдельных случаях). Для отливок небольших и средних размеров весьма эффективна очистка струей воды, в которую добавлены крупнозернистый абразив и кальцинированная сода. Для устранения в отливках поверхностных неровностей применяют шлифовально-обдирочные станки, снимающие проход припуск в несколько миллиметров, а также шлифовальные круги с гибким валом и пневматические зубила. Отливки из чугуна, стали и сплавов цветных металлов подвергают термической обработке с целью снятия внутренних напряжений и улучшения обрабатываемости.

Предварительная обработка поковок состоит в удалении облоя и пленки обрезкой или прошивкой заготовок в штампах на обрезных кривошипных прессах в холодном или горячем состоянии. С целью придания поковкам необходимых механических свойств их подвергают термической обработке (отжигу, нормализации, термическому улучшению). Для устранения с поверхности поковок окалины производят очистку заготовок в дробеструйных и пескоструйных установках или галтовкой во вращающихся барабанах. В тех

случаях, когда поверхностный наклеп нежелателен, возможна очистка травлением. Для устранения искривлений производят правку поковок в холодном и горячем состоянии.

Тема 1.7. Технология производства типовых деталей строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин

1. Изготовление деталей типа валов и осей.
2. Механическая и термическая обработка зубчатых колес.
3. Механическая обработка базовых и корпусных деталей.
4. Механическая и термическая обработка ходовых колес кранов, грузовых крюков.

Изготовление деталей типа валов и осей

Разновидности валов. В машиностроении встречаются валы разнообразных конструкций: гладкие и ступенчатые, сплошные и полые. Наибольшее распространение получили ступенчатые валы. Чаще всего применяют валы с диаметром наружных поверхностей 40–100 мм и общей длиной 500–1000 мм. Валы считаются жесткими, если отношение длины к диаметру не превышает 15, и нежесткими, если это отношение более 15. Нежесткие валы приходится обрабатывать (точить, шлифовать) с применением люнетов.

Материалом для валов служит в основном сталь 40 или 45 реже легированные стали 40Х, 18ХГТ. Валы из среднеуглеродистых сталей подвергают термообработке до твердости НВ 230–260; реже посадочные поверхности подвергают закалке токами высокой частоты до твердости HRC 45–50. Шейки валов из низкоуглеродистых сталей для повышения износостойкости подвергают цементации последующей термообработкой до твердости HRC 50–60.

Сопрягаемые цилиндрические поверхности валов выполняют с отклонением, соответствующим 6-му или 8-му качеству точности и с шероховатостью поверхности соответственно $Ra = 1,25 \div 0,63$ и $Ra = 2,5 \div 1,25$ мкм.

Заготовки для валов. При изготовлении валов исходные заготовки получают либо путем пластического деформирования (ковка, штамповка, обжатие на ротационно-ковочных машинах и др.), либо путем резки стандартного проката. На рис. 1 показаны заготовки, полученные различными способами: для изготовления ступенчатых валов – штамповкой в подкладных штампах (а); для валов с фланцами – штамповкой на горизонтально-ковочной машине (б); для ступенчатых валов в крупносерийном и массовом производстве – поперечно-винтовой прокаткой (б).

Выбор способа получения заготовки обосновывается путем сравнения суммарной себестоимости исходной заготовки и механической обработки.

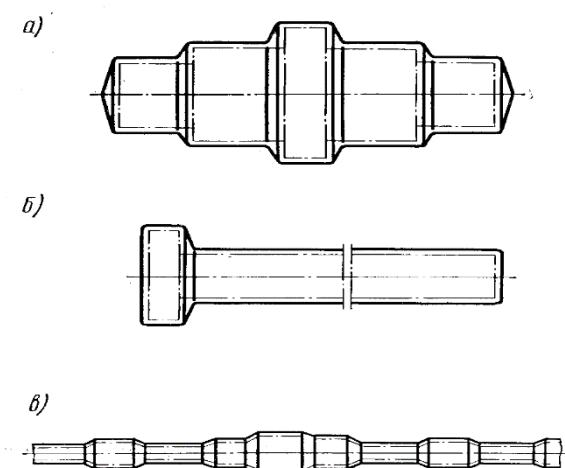


Рисунок 1 - Исходные заготовки валов различного конструктивного исполнения, полученные путем штамповки в подкладных штампах (а), штамповкой на горизонтально ковочной машине (б) и поперечно-винтовой прокаткой (в)

С увеличением объёма выпуска деталей большое значение придается эффективности использования металла, которая характеризуется отношением массы готовой детали $m_{дет}$ к расходу металла на исходную заготовку $m_{заг}$. Это отношение $K_m = m_{дет} / m_{заг}$ называют коэффициент использования металла. Для серийного и массового производства коэффициент K_m составляет более 0,75 и доходит до 0,95.

В единичном и мелкосерийном производстве при изготовлении валов с небольшим перепадом диаметральных размеров используют горячекатаный нормальный прокат, который разрезают на штучные заготовки для последующей механической обработки. При изготовлении вале со значительным числом ступеней и существенным перепадом диаметров применяют весьма эффективный способковки на вертикальных радиально-ковочных машинах (ротационнаяковка).

В условиях серийного производства большое распространение получила горячая штамповка заготовок в открытых штампах, а в крупносерийном и массовом производстве в закрытых штампах. При изготовлении заготовок с односторонним утолщением весьма эффективна штамповка на горизонтально-ковочных машинах. Для повышения точности штампованных заготовок применяют калибровку (чеканку) поковок.

Для тяжелых валов (массой свыше 1 т) заготовки получают из слитка свободной ковкой.

Прокат и поковки перед механической обработкой проверяют на кривизну и подвергают правке.

Изготовление ступенчатых валов. При выполнении основных операций обработки ступенчатых валов (точение, наружное шлифование) в качестве технологических баз принимают центровые отверстия заготовки.

Рассмотрим отдельные операции обработки ступенчатых валов.

Подрезка торцов и зацентровка. Первые технологические переходы при изготовлении ступенчатых валов – подготовка технологических баз, т. е. подрезка торцов и их зацентровка. В зависимости от объема выпуска валов эти переходы можно выполнять с применением различного оборудования.

В серийном производстве обработку ведут на фрезерно-центровальных полуавтоматах с установкой заготовки по наружному диаметру в призмы и базированием в осевом направлении по упору. Схема обработки на этих станках показана на рис. 6.1, 2. Подрезку торцов выполняют также отдельно от зацентровки на продольно-фрезерных или горизонтально-фрезерных станках, а центрование – на одностороннем или двустороннем центровальном станке.

В массовом производстве для фрезерования торцов и зацентровки применяют станки барабанного. В единичном производстве подрезку торцов и зацентровку ведут в основном на универсальных токарных станках.

Обтачивание валов в зависимости от объема выпуска деталей выполняют на различном оборудовании: на обычных токарных станках, на токарных станках, оснащенных программным управлением или гидрокопировальным суппортом, на копировальных токарных станках, а также на многолезцовых станках.

Многорезцовое обтачивание (рис. 2) обеспечивает повышение производительности по сравнению с обычной токарной обработкой благодаря совмещению переходов и автоматическому получению операционных размеров. Проектируя операцию, решают вопрос о размещении резцов. При размещении резцов по схеме, приведенной на рис. 7.2, а, каждая ступень вала обрабатывается одним резцом и ход продольного суппорта определяется длиной наибольшей ступени, обтачиваемой резцом 1, а резцы 2 и 3 совершают холостой пробег. При наладке станка по наименьшей ступени l_3 (рис. 2, б) ход суппорта будет определяться длиной ступени l_3 . В этом случае для обточки других ступеней

устанавливают по несколько резцов, причем число резцов зависит от соотношения длин ступеней l_1/l_3 и l_2/l_3 .

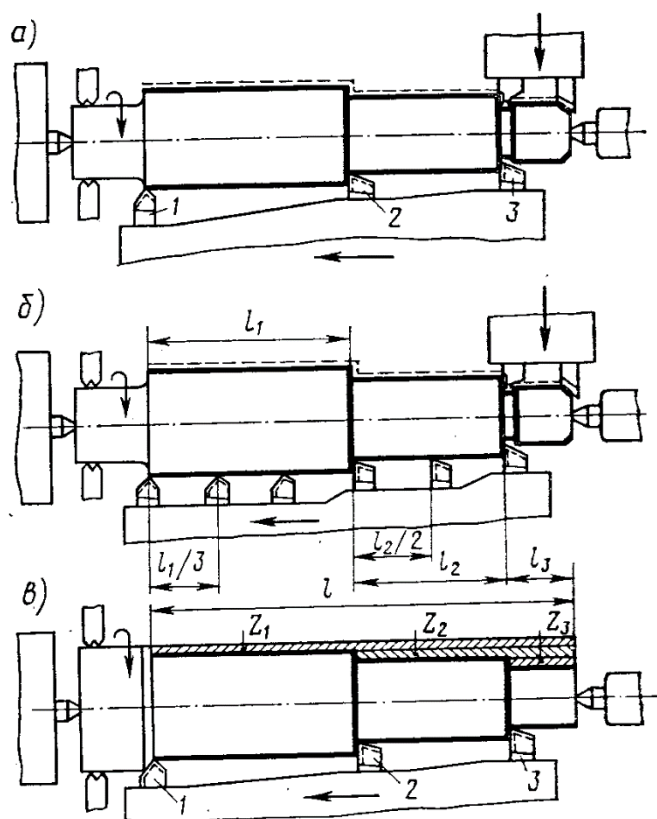


Рисунок 2 - Схемы многорезцового обтачивания заготовок ступенчатых валов

Второй вариант более производителен, но его недостатком является появление уступов при обтачивании ступени несколькими резцами из-за неточности установки резцов на размер и разной интенсивности их изнашивания. Установку резцов производят по эталонной детали или вне станка, применяя сменные блоки.

Если ступенчатый вал изготавливают из проката, то при точении ступеней с меньшим диаметром возможны недопустимо большие глубины резания. В этом случае применяют метод деления припуска. Одним из вариантов может быть удаление резцами 1, 2 и 3 (рис. 2, в) частей припуска Z_1 , Z_2 и Z_3 . При этом варианте продольный суппорт перемещается на всю длину l обтачиваемых ступеней.

Обработка валов на многолезцовых станках требует относительно длительной их наладки, поэтому этот метод применяют в серийном и массовом производстве.

В мелкосерийном производстве весьма эффективно применение токарных станков с гидросуппортами и токарных станков с программным управлением.

Шлицевые поверхности на валах обычно получают обкаткой червячной фрезой на шлицефрезерных или зуборезных станках. При диаметре вала более 80 мм шлицы фрезеруют за два прохода. У закаливаемых валов, центрируемых по наружной поверхности, обработка шлицев включает следующие операции: предварительное шлифование наружной поверхности; фрезерование шлицев с припуском на шлифование боковых поверхностей; термическую обработку; чистовое наружное шлифование; чистовое шлифование боковых поверхностей шлицев, которое выполняется на шлицешлифовальном полуавтомате одновременно двумя кругами (рис. 3, а) с применением делительного механизма для поворота заготовки. У таких же не закаливаемых валов обработка шлицев состоит из двух операций: наружного шлифования цилиндрической поверхности и фрезерования шлицев.

Если шлицевое соединение центрируется по поверхности внутреннего диаметра, то последовательность операций до термообработки остается той же, что и при обработке шлицев, центрируемых по наружному диаметру; после термообработки выполняют чистое шлифование боковых поверхностей шлицев и чистовое шлифование по внутреннему диаметру. В этом случае шлицы шлифуют либо профильным кругом одновременно по боковым поверхностям и дну впадины (рис. 3, б), либо в две операции: шлифование двумя кругами боковых поверхностей (рис.3, а), а затем шлифование внутренней поверхности кругом, заправленным по дуге (рис. 3, в). Шлифование одним профильным кругом дает наилучшие результаты по точности и производительности.

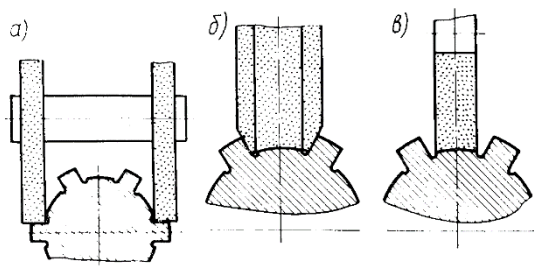


Рисунок 3 - Схемы шлифования шлицев на валах

В последнее время появились более производительные методы: обработка шлицев на шлицестрогальных и шлицепротяжных станках, а также образование эвольвентных шлицев методом пластического деформирования с помощью накатки. Накатыванию подвергают валы с твердостью не более НВ 220 при модуле шлицев не свыше 2,5 мм. Накатанные шлицы повышают износостойкость вала.

Шпоночные пазы в зависимости от их конструкции обрабатывают либо дисковой фрезой, если паз сквозной, либо торцовой (пальцевой) фрезой, если паз глухой. Вал устанавливают в центрах или по наружной поверхности на призмы приспособления. При установке вала на призмы появляется погрешность базирования, влияющая на точность глубины паза. Шпоночные пазы изготавливают на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках. При изготовлении глухих шпоночных пазов в серийном и массовом производстве применяют шпоночно-фрезерные полуавтоматы, работающие «маятниковым» методом. Фрезерование пазов в крупносерийном и массовом производстве целесообразно выполнять с применением многоместных приспособлений комплектом фрез.

Изготовление резьбы. Резьбы на валах могут быть наружными и внутренними. *Внутренние* резьбы нарезают машинными метчиками на сверлильных, револьверных и резьбонарезных станках в зависимости от объёма производства. *Наружные* резьбы нарезают резцами, гребенками, плашками, а также получают фрезерованием, вихревым методом, накатыванием. В мелкосерийном и единичном производстве наружные резьбы изготавливают на токарно-винторезных станках с применением резьбовых резцов или гребенок, обеспечивая 6—8-ю степени точности. Резьбы 4-й степени точности нарезают на прецизионных токарно-винторезных станках.

Нарезание резьбы плашками и резьбонарезными головками выполняют на револьверных, токарных и болторезных станках, а также на токарно-револьверных автоматах. Нарезание резьбы плашками применяют в серийном и мелкосерийном производстве при требованиях точности резьбы не выше 7-й степени. В серийном и массовом производстве при изготовлении резьб используют резьбонарезные головки, обеспечивающие повышение производительности в 2—4 раза по сравнению с нарезанием резьбы плашками и повышение точности резьбы до 6-й степени.

Нарезание резьбы плашками и резьбонарезными головками выполняют на револьверных, токарных и болторезных станках, а также на токарно-револьверных автоматах. Нарезание резьбы плашками применяют в серийном и

мелкосерийном производстве при требованиях точности резьбы не выше 7-й степени. В серийном и массовом производстве при изготовлении резьб используют резьбонарезные головки, обеспечивающие повышение производительности в 2–4 раза по сравнению с нарезанием резьбы плашками и повышение точности резьбы до 6-й степени.

Накатывание резьбы применяют в крупносерийном и массовом производстве. При этом получают резьбу 6-й степени точности. Накатывание резьбы в 10–20 раз производительнее нарезания ее резьбовыми головками.

Если вал не подвергается закалке, то резьбу нарезают после окончательного шлифования шеек, что устраняет возможность повреждения резьбы в процессе передачи вала на другую операцию. На закаливаемых шейках резьбу изготавливают до термообработки.

Мелкие резьбы у термообрабатываемых валов получают сразу шлифованием на резьбошлифовальных станках.

Шлифование валов выполняют на круглошлифовальных и бесцентровошлифовальных станках. Валы с точностью шеек, соответствующей 6-му качеству, шлифуют в две операции (два перехода): предварительное и чистовое шлифование. При обработке валов на круглошлифовальных станках технологической базой являются центровые отверстия на торцах заготовки. От качества центровых отверстий зависит точность обработки, поэтому перед шлифованием центровые отверстия нередко подвергают исправлению путем шлифования конусным кругом. При шлифовании наиболее распространены два метода: метод продольного шлифования (рис. 4, а), применяемый при обработке поверхностей значительной протяженности, и метод врезного шлифования (рис. 4, б), применяемый при обработке коротких шеек. В серийном и массовом производстве шлифование вторым методом часто выполняется по автоматическому циклу, что обеспечивает лучшее качество обработки и повышает производительность.

В тех случаях, когда необходимо достигнуть точности размеров, соответствующей 5-му или 6-му качеству, и шероховатости поверхности $Ra = 0,1$ мкм и меньше, после чистового шлифования шейки вала притирают.

При шлифовании деталей размеры часто контролируют в процессе обработки, т. е. без остановки станка, что повышает производительность. Используют также измерительные средства активного контроля, которые автоматически выключают поперечную подачу при достижении заданного размера.

Схема бесцентрового шлифования показана на рис. 4, в, где 1 – шлифующий круг; 2 – обрабатываемая деталь; 3 – нож, поддерживающий деталь; 4 – ведущий круг; v – окружная скорость ведущего круга. Деталь располагается выше осевой линии кругов на размер h . Подача S заготовки вдоль оси осуществляется путем поворота ведущего круга на угол α , который составляет $1-4,5^\circ$. Благодаря этому наклону ведущий круг сообщает детали посредством силы трения движение подачи. Бесцентровое шлифование выполняют с продольной подачей, как показано на рис. 4, в, и с поперечной подачей (врезанием). Если вал гладкий, то применяют шлифование с продольной подачей на проход; если вал ступенчатый, то его шлифуют с продольной подачей до упора. Врезным бесцентровым шлифованием обрабатывают у вала короткие буртики. Бесцентровое шлифование применяют при обработке небольших валов, обеспечивая 6–8-й качества точности. Этот метод по точности несколько уступает шлифованию на круглошлифовальных станках.

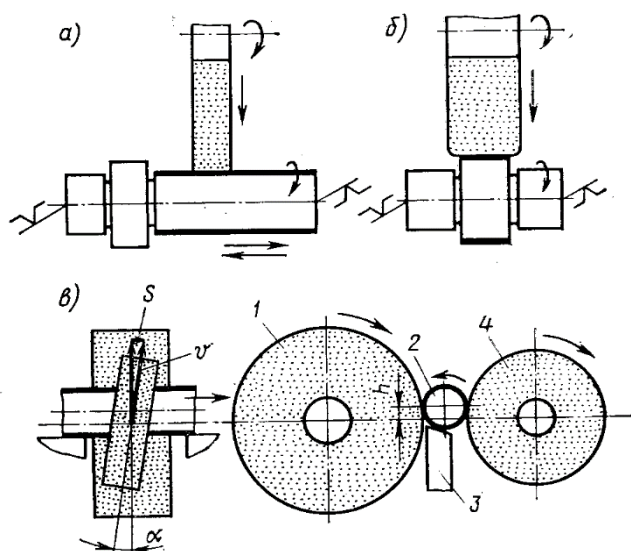


Рисунок 4 - Схемы шлифования валов методом продольного (а), врезного (б) и бесцентрового (в) шлифования

Изготовление гладких валов. Гладкие валы обычно имеют диаметральные размеры 20–50 мм, шероховатость поверхности $Ra=1,25 \div 0,63$ мкм, глухой шпоночный паз, поперечное отверстие. Исходной заготовкой является калиброванный прокат. Последовательность изготовления вала следующая: 1) отрезание штучных заготовок и снятие фасок на токарно-отрезном станке или на отрезном автомате; 2) предварительное шлифование заготовок на бесцентровошлифовальном станке; 3) фрезерование шпоночных канавок на шпоночно-фрезерном полуавтомате; 4) обработка поперечного отверстия; 5)

термическая обработка токами высокой частоты; б) чистовое шлифование на бесцентровошлифовальном станке.

Изготовление валов с центральным отверстием. При использовании в качестве заготовки круглого проката последовательность операций такова: 1) резка штучных заготовок дисковой пилой; 2) фрезерование торцов и зацентровка; 3) черновое обтачивание с одной стороны; 4) черновое обтачивание с другой стороны; 5) проточка шейки под люнет; 6) сверление центрального отверстия и при необходимости последующая его обработка (технологическими базами на этой операции являются центровое отверстие на торце и проточенная под люнет шейка); 7) чистовое точение с одной стороны; 8) чистовое точение с другой стороны (технологическими базами являются центровое отверстие на одном торце и фаска на центральном отверстии); 9) наружное шлифование шеек с базированием с помощью центровых отверстий.

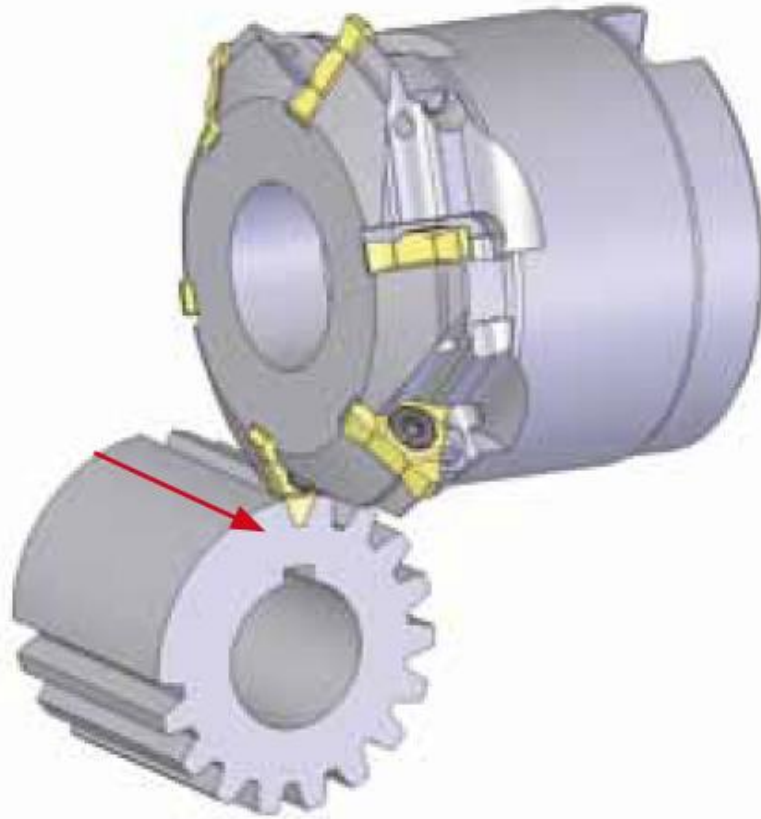
В массовом и крупносерийном производстве валов применяют переналаживаемые или специальные автоматические линии.

Механическая и термическая обработка зубчатых колес

Принцип обработки зубчатых деталей при помощи зуборезных фрез VARDEX

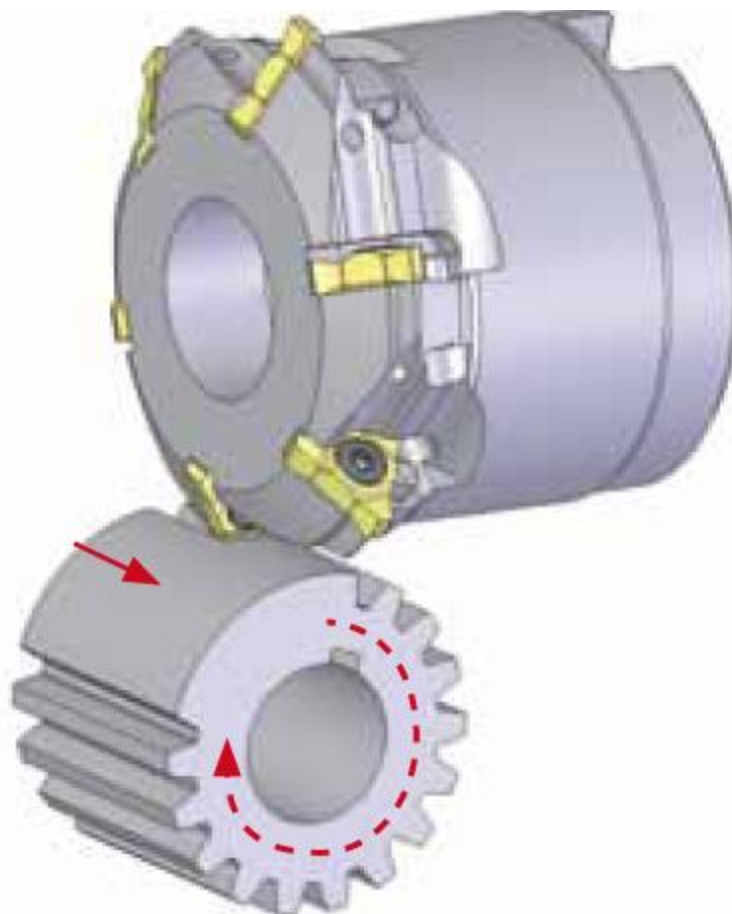
- Обработка осуществляется при помощи фрез со сменными твердосплавными пластинами, имеющими 1–3 рабочих вершины.
- Режущие пластины и корпуса фрез проектируются в соответствии с производственной задачей, решаемой заказчиком. Форма режущих кромок пластин точно соответствует требуемому профилю впадин между зубьями детали (эвольвентный и др.) и воспроизводится на заготовке в процессе обработки.

1



Полный профиль впадины между зубьями формируется за один проход фрезы.

2



Заготовка проворачивается на угол, соответствующий окружному шагу, после чего выполняется обработка следующей впадины.

Преимущества нарезания зубчатых деталей фрезами VARDEX

- Возможность использования при любом виде (типе) механообрабатывающего производства (единичном, серийном, массовом) и при любой организационной форме работы.
- Высочайшая производительность, позволяющая сократить продолжительность цикла обработки не менее чем на 50% по сравнению с любыми другими методами нарезания зубчатых колес:

- твердосплавные пластины позволяют вести обработку с высокими скоростями резания;
- полный профиль впадины между зубьями формируется за один проход инструмента.

Большой ресурс инструмента, достигаемый за счет применения режущих пластин из высокопрочного твердого сплава с субмикронным зерном, имеющих износостойкое покрытие.

Технологичность применения, заключающаяся в простоте настройки оборудования и возможности использования 3-координатных фрезерных станков общего назначения с дополнительной осью управления поворотом заготовки.

Возможность обработки материалов всех типов, от самых мягких до закаленных сталей твердостью до 60 HRC.

Возможность использования инструмента для обработки прямозубых и косозубых зубчатых колес. Отсутствие необходимости переточки фрез.

Экономичность, заключающаяся в полном превосходстве над существующей технологией зубонарезания по соотношению цена/эффективность.

Высокая точность, обеспечивающая возможность окончательной обработки зубьев следующих деталей:

- зубчатых колес степени точности 7 по ГОСТ 1643-81, класса точности 7 по DIN 3962-1÷3-1978 и класса точности 11 по AGMA 390.03;
- эвольвентных шлицев по DIN 5480-2006 и ANSI B92.1-1996;
- прямобочных шлицев по ISO 14-1982.

Возможность использования одного корпуса инструмента совместно с широкой номенклатурой режущих пластин различного профиля.

Увеличенный ресурс инструмента благодаря применению пластин с несколькими рабочими вершинами (режущие пластины имеют до трех рабочих вершин).

Доступность замены режущих пластин без снятия фрезы со станка, с сохранением при этом точности обработки и сокращением затрат времени на настройку инструмента.

Механическая обработка базовых и корпусных деталей

Заготовки корпусных деталей чаще всего отливают из чугуна и алюминиевых сплавов, реже из стали или других литейных сплавов.

Широко применяется литье в песчано-глинистые формы, кокиль, оболочковые формы, под давлением. Реже – литье по выплавляемым моделям.

В качестве исходных заготовок используют поковки. Находит применение и сварка стальных заготовок.

1 Технические требования к корпусным деталям

При изготовлении корпусных деталей необходимо обеспечить:

1. Правильность формы
2. Малую шероховатость ($R_a = 0,4 \dots 1,6$ мкм)
3. Точность взаимного расположения основных баз деталей.

Так, для привалочных плоскостей допуск прямолинейности равен $0,05 \dots 0,2$ мм, шероховатость $R_a = 2,5 \dots 0,63$ мкм

4. Правильность расположения отверстий относительно основных баз деталей, т.е. точность координат осей отверстий, параллельность и перпендикулярность осей базовым плоскостям и т.д.

5. Правильность расположения отверстий друг относительно друга (параллельность и перпендикулярность осей, межосевые расстояния и т.д.). Например, допуски параллельности осей отверстий и перпендикулярности торцовых поверхностей к осям отверстий обычно составляют от 0,02 до 0,05 мм соответственно на 100 мм длины или радиуса.

Требования к точности межосевых расстояний устанавливаются по стандартам и условиям обеспечения нормальной работы зубчатых передач (обычно 7-8 степени точности).

Точность формы, размеров и малая шероховатость отверстий необходимы для повышения износостойкости уплотнений и долговечности подшипников качения, для уменьшения потерь на трение, утечек жидкости и газа.

2 Предварительная обработка корпусов

Перед отправкой отливок и поковок в механический цех удаляют облой, литники и прибыли. Для этого используют обрезные прессы, фрезерные, шлифовальные, ленточно-отрезные и другие станки, сварочные аппараты, пневматические молотки, зубила и другие средства производства. Кроме того, производят очистку, термическую обработку, предварительную покраску, грунтовку и контроль заготовки.

При очистке удаляют остатки пригоревшей формовочной смеси и мелкие неровности для того, чтобы улучшить внешний вид детали, повысить стойкость наносимой краски, увеличить стойкость режущего инструмента при последующей обработке.

Очистка производится стальными щетками, иглофрезами, травлением серной кислотой с последующей промывкой, обдувкой дробью, водой с крупнозернистым керамзитом и содой.

Термическую обработку (низкотемпературный отжиг отливок из серого чугуна) выполняют для снятия остаточных напряжений и улучшения обрабатываемости отливок.

Окраску производят кистью, окунанием, пульверизатором или в специальных установках. На передовых предприятиях используют окрасочные роботы с ЧПУ. Окраска необрабатываемых поверхностей отливок после старения связывает остатки формовочной смеси и исключает в дальнейшем её попадание на поверхности трения.

3 Базирование заготовок корпусов

При выборе черновых баз необходимо:

1. Обеспечить равномерность припусков на обработку отверстий
2. Избежать касания внутренних поверхностей корпуса и деталей большого диаметра (зубчатых колес, маховиков, муфт).

Для этого часто на первых операциях заготовки базируют по основному отверстию или двум возможно более удаленным отверстиям, т.к. внутренняя полость корпуса и получаемые в отливке отверстия базируются с помощью общего стержня или связанных друг с другом стержней. Установка осуществляется:

1. В приспособлениях с конусами (рисунок 1).

С помощью кулачковых или плунжерных оправок, которые закрепляются в отверстиях заготовки вместе с нею, выступающими шейками устанавливаются на призмы и другие опорные приспособления.

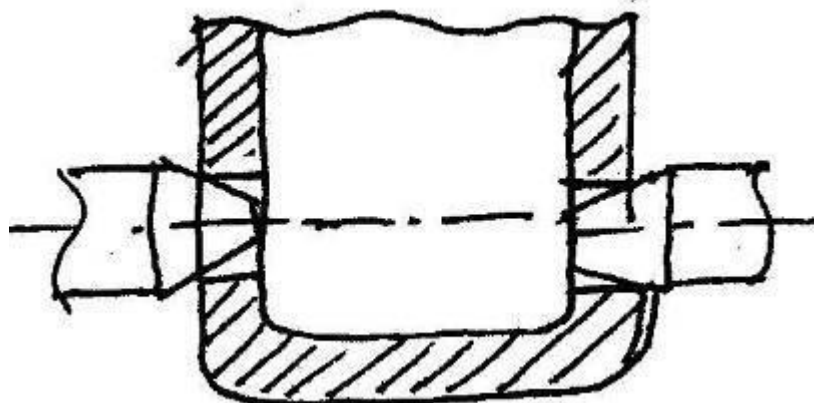


Рисунок 1 – Схема базирования корпуса по коническим оправкам

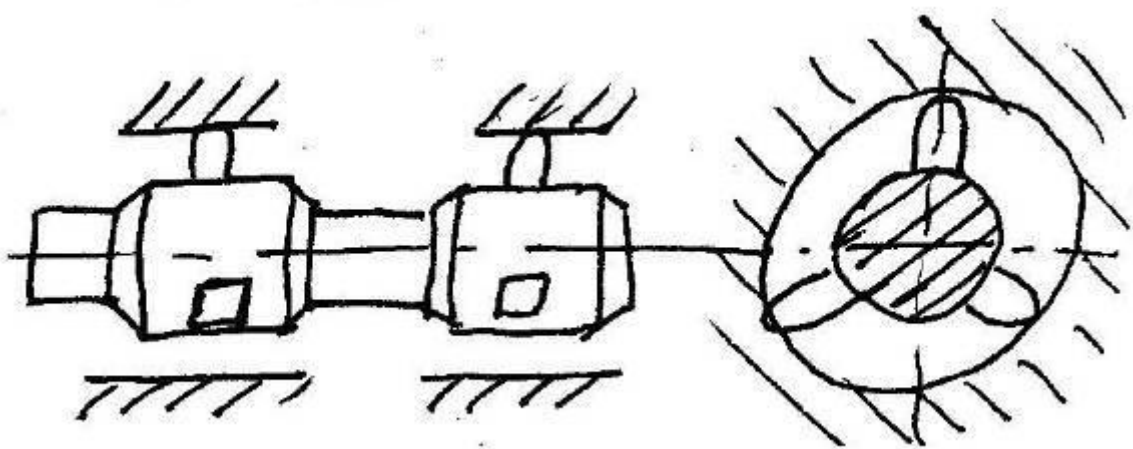


Рисунок 2 – Схема базирования корпуса по разжимной оправке

4 Типовой маршрут обработки корпуса

Обработка неразъемных корпусов включает следующие этапы:

1. Обработку баз, например, плоскости и двух отверстий
2. Обработку наружных поверхностей, например, плоскостей, параллельных и перпендикулярных установочной базе
3. Обработку основных отверстий
4. Обработку крепежных, смазочных и других отверстий.

Этапы могут включать черновые и чистовые операции. Это позволяет:

1. Уменьшить влияние на точность деформаций заготовки в результате перераспределения остаточных напряжений.
2. Поддерживать длительное время высокую точность станков для чистовой обработки.

Однако, от деления процесса на черновые и чистовые операции часто отказываются с целью повышения производительности и сокращения производственного цикла, возможности обработки заготовки за один установ. Это позволяет сократить потери времени на перемещение и установку заготовки, уменьшить погрешности обработки, связанные с переустановкой заготовки.

При изготовлении разъемных корпусов (например, корпусов редукторов экскаваторов) перед обработкой основных отверстий и некоторых плоскостей необходимо обработать поверхности разъема у отдельных частей корпуса, крепежные отверстия для их соединения, собрать корпус, обработать отверстия под контрольные штифты и установить их.

В единичном производстве корпуса иногда обрабатывают на универсальных станках с выверкой по разметочным рискам. Поэтому перед механической обработкой такие корпуса размечают.

5 Обработка плоскостей корпусов

Плоскости корпусов обрабатывают строганием, фрезерованием, протягиванием, точением и шлифованием.

Строгание плоскостей на продольно-строгальных станках применяют в единичном производстве. Недостатком строгания является низкая производительность, преимуществом – простота и невысокая стоимость инструмента.

Чаще всего плоскости корпусов обрабатывают фрезерованием. В единичном и мелкосерийном производствах небольших корпусов применяют консольно-фрезерные станки с поворотными столами, позволяющими обрабатывать в один установ заготовку с четырех сторон.

Более тяжелые заготовки обрабатывают на бесконсольных фрезерных станках. В серийном производстве корпуса призматической формы обрабатывают на многошпиндельных продольно-фрезерных станках с использованием многоместных приспособлений. В крупносерийном и массовом производстве плоскости фрезеруют на карусельно- и барабанно-фрезерных станках непрерывного действия.

При черновой обработке плоскостей эффективно применение обдирочного шлифования торцом сборного сегментного круга со снятием припуска до 5 мм. Торцовые поверхности корпусов, имеющих конфигурацию тел вращения, обрабатывают резцами на токарно-карусельных или расточных станках, на многорезцовых и многошпиндельных токарных полуавтоматах.

Плоскости небольших корпусов протягивают на вертикально-протяжных станках. При этом обеспечивается параметр шероховатости $R_a = 1,6 \dots 0,4$ мкм, допуск плоскостности 5 мкм на длине 300 мм и точность размеров по 7 качеству.

Черновое и чистовое торцовое фрезерование обеспечивает допуск плоскостности 0,03 мм на длине 300 мм и точность размеров по 11 качеству при параметре шероховатости $R_a = 3,2 \dots 1,6$ мкм.

Для достижения более высокой точности применяют чистовое шлифование и тонкое фрезерование плоскостей, а в единичном и мелкосерийном производствах – шабрение.

Ранее на заводах находило применение также тонкое строгание.

6 Обработка отверстий корпусных деталей

6.1 Оборудование для обработки отверстий

В единичном и серийном производствах обработка небольших основных и вспомогательных отверстий может выполняться на вертикально- и радиально-сверлильных станках. Последние используют обычно при массе заготовки свыше 30 кг. Для уменьшения потерь времени на замену последовательно работающих инструментов применяют быстросменные патроны и оправки, устанавливают на шпиндель станка револьверные головки.

При увеличении объема выпуска применяют вертикально-сверлильные станки с поворотными столами и многошпиндельные насадки. На радиально-сверлильных станках поворот заготовки осуществляется с помощью специальных приспособлений – кантователей.

Корпуса фланцевого типа обрабатывают на токарно-карусельных и токарно-револьверных станках, а заготовки коробчатой формы – на расточных станках. В крупносерийном и массовом производствах эффективно применение агрегатных станков и автоматических линий.

Чистовая и отделочная обработка точных отверстий в единичном и мелкосерийном производствах выполняется на координатно-расточных и круглошлифовальных станках. В крупносерийном и массовом производствах – на отделочно-расточных и хонинговальных.

В настоящее время в серийном производстве получили распространение станки с ЧПУ, в т.ч. и обрабатывающие центры с автоматической сменой инструмента. Станки с ЧПУ расширяют возможности многостаночного обслуживания, уменьшают потребность в высококвалифицированной рабочей силе, повышают качество обработки за счет оптимизации режимов резания, увеличения скорости вспомогательных ходов, концентрации переходов, устранения многих ошибок субъективного характера и т.д.

В крупносерийном и массовом производствах могут использоваться гибкие автоматические линии (ГАЛ) из модулей, имеющих несколько шпиндельных головок для обработки заготовок с разных сторон. При этом должна обеспечиваться возможность автоматической смены головок и передачи заготовок по гибкому маршруту.

6.2 Обработка отверстий в единичном и мелкосерийном производствах

В единичном и мелкосерийном производствах заготовку устанавливают на столе станка с выверкой, добиваясь того, чтобы основные базы или оси размеченных отверстий были параллельны оси шпинделя. На современных станках для этого используют датчики касания. В шпиндель вставляют инструмент или консольную оправку с режущим инструментом, совмещают оси шпинделя и одного отверстия и производят обработку. Затем, используя механизмы и отсчетные устройства станка, последовательно совмещают ось шпинделя с осями других отверстий и выполняют их обработку.

Для растачивания отверстий в удаленных стенках и при обработке отверстий со взаимно перпендикулярными осями стол станка поворачивают соответственно

на 180° или 90° . Менее удобно применение длинных ($l/d^3 \leq 6$) оправок, т.к. они нуждаются в дополнительной опоре. Точность растачивания зависит от схемы обработки, жесткости оправок, состояния станка, квалификации и внимательности рабочего.

6.3 Обработка отверстий в серийном и массовом производствах

В серийном и массовом производствах отверстия корпусов обрабатывают в кондукторах – приспособлениях с кондукторными втулками (рисунок 3) для направления инструмента. Положение оси инструмента определяется кондуктором, и точность координат оси отверстия почти не зависит от точности станка, поэтому сравнительно высокую точность координат удается получить даже на изношенных станках.

Постоянные втулки (см. рис. 4) применяют в условиях мелкосерийного производства при обработке неточных отверстий одним инструментом (сверлом, зенкером).

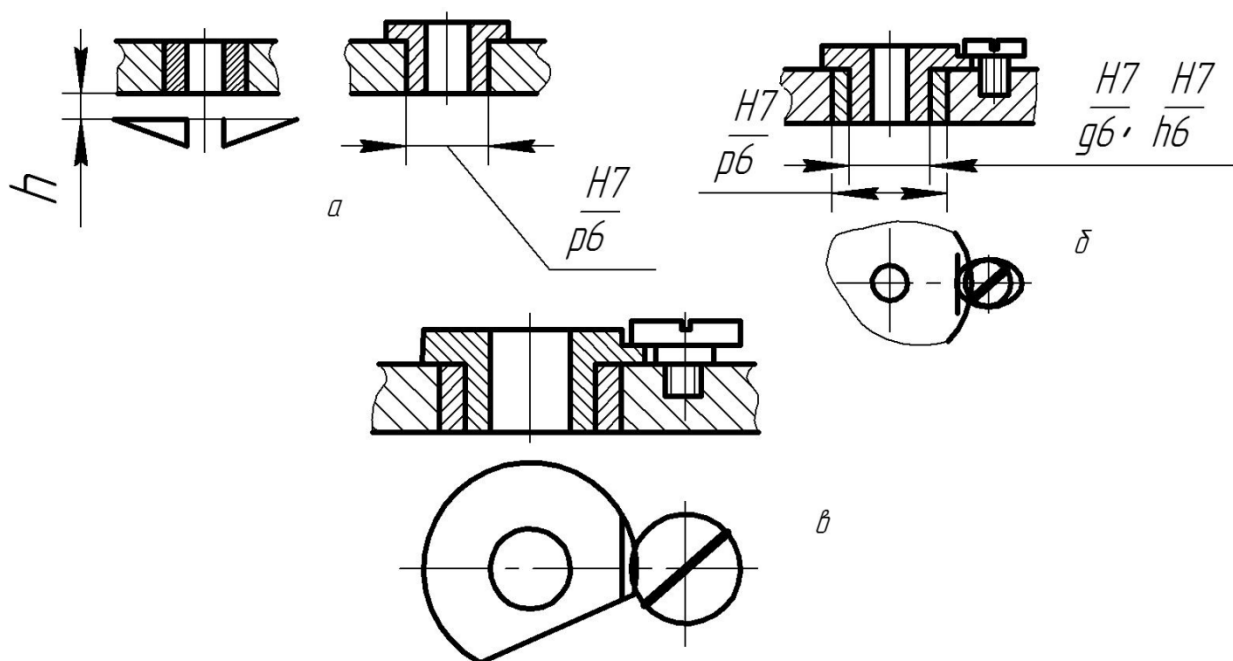


Рисунок 3 - Типы стандартных кондукторных втулок:

а - постоянные; б - сменные; в – быстросменные

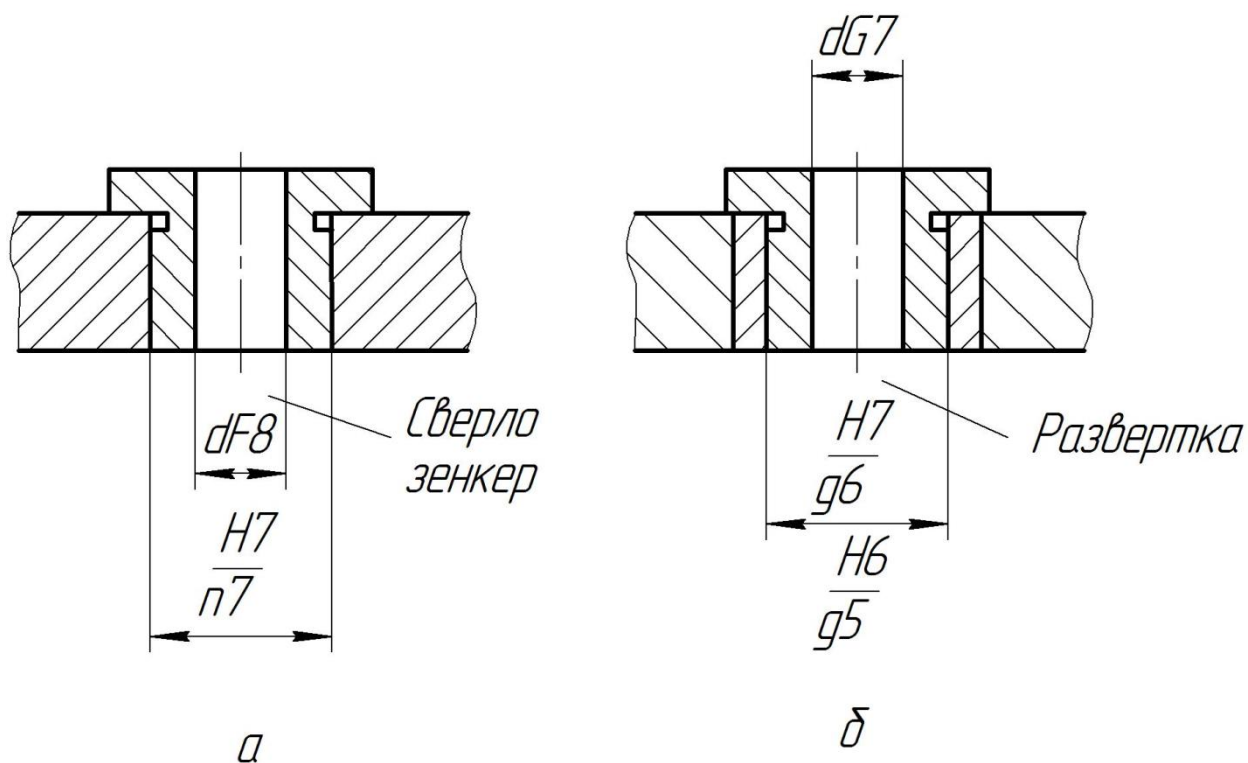


Рисунок 4 – Постоянные кондукторные втулки

Сменные кондукторные втулки (рис. 3, б) применяются в приспособлениях крупносерийного и массового производства. Устанавливаются в переходные закаленные втулки по скользящей посадке или с минимальным зазором. Применение их ускоряет и облегчает процесс замены изношенных втулок на новые.

Быстросменные кондукторные втулки (рис. 3, в) применяются в серийном производстве, если необходимо обработать одно и то же отверстие последовательно несколькими инструментами. Быстросменную втулку можно заменить другой втулкой не вывинчивая крепежный винт. Для этого достаточно повернуть втулку под винтом на некоторый угол, чтобы против головки винта оказалась сквозная лыска.

Каждая втулка в комплекте делается под определенный инструмент (сверло, зенкер, развертка). Наружный диаметр у всех быстросменных втулок комплекта один и тот же. Инструменты обычно закрепляют в шпинделях револьверной головки с автоматической сменой инструментов.

При предварительной наладке инструмента точность обработки не зависит и от квалификации рабочего.

Инструмент может быть жестко связан со шпинделем или иметь возможность небольшого поступательного перемещения и/или поворота относительно него.

При жесткой связи используются 2 схемы расположения кондукторных втулок (рисунок 4).

Механическая и термическая обработка ходовых колес кранов, грузовых крюков

Ходовые колеса кранов и тележек изготавливают из поковок или штамповок (Ст 65Г, 60Г, 40Г и др.), отливок (Ст 55 Л-П) или цельнокатаных заготовок из сталей, близких по -составу и механическим свойствам к маркам сталей 60Г и 65Г.

Главной операцией при механической обработке ходовых колес кранов и тележек является токарно-карусельная. Ее трудоемкость в значительной мере определяется величиной припуска на обработку, что зависит от вида заготовки. Наименьшие припуски имеют вальцованные и штампованные заготовки.

При изготовлении ходового колеса крана (рис. 42) выполняются следующие операции:

предварительная обработка на токарно-карусельном станке отверстия и торцов ступицы, торцов обода, реборд и поверхности катания при двух установках:

термическая обработка (сорбитизация);

чистовая обработка колеса по кругу катания и ребордам, обработка скосов реборды, чистовое растачивание отверстия ступицы;

получение шпоночного паза в ступице на протяжном или долбежном станках (последнее — при мелкосерийном производстве и ремонте).

Рисунок 1 – Ходовое колесо крана

Для повышения твердости рабочих поверхностей колеса (по кругу катания и ребордам) возможно применение нескольких видов термической обработки.

Объемная закалка с отпуском, при которой рабочие поверхности и весь металл колеса приобретают твердость (в зависимости от температуры отпуска) в пределах 270—380 единиц по Бринеллю.

Такая твердость затрудняет чистовую механическую обработку отверстия и торцов ступицы.

Закалка рабочих поверхностей токами высокой частоты позволяет получить любую (до 55 HRC) твердость, однако слишком большая твердость рабочих

поверхностей колеса вызывает ускоренный износ подкрановых и подтележных рельсов, поэтому после закалки колес ТВЧ применяют их отпуск при $t = 460—490$ °С, в результате твердость металла снижается до 270—380 НВ. Основными недостатками закалки ходовых колес токами высокой частоты являются:

- малая (5—7 мм) толщина закаленного слоя (кривые 4 и 5 на рис. 2). При сравнительно быстром изнашивании рабочих поверхностей ходовых колес (0,3—1,2 мк/ч) также быстро изнашивается закаленный слой, в результате чего обнажается мягкий металл, имеющий низкую износостойкость;

- наличие резких переходов от закаленного металла к незакаленному, что приводит к выкрашиванию и отслоению закаленных слоев металла.

По этим причинам закалка ходовых колес ТВЧ, как правило, не применяется.

Прерывистая закалка с отпуском или сорбитизация позволяет получить закаленный слой большой толщины (до 50—70 мм) с постепенным плавным изменением твердости металла в глубь колеса (кривые 1, 2, 3 рис. 2). Твердость рабочих поверхностей получается в пределах 320—400 НВ. Этот вид термической обработки достаточно прост и позволяет увеличить срок службы колес в 8—10 раз по сравнению с незакаленными и в 4—5 раз — по сравнению с колесами, закаленными ТВЧ. По этим причинам сорбитизация, как специальный вид термической обработки, получила широкое применение при производстве и ремонте ходовых колес кранов.

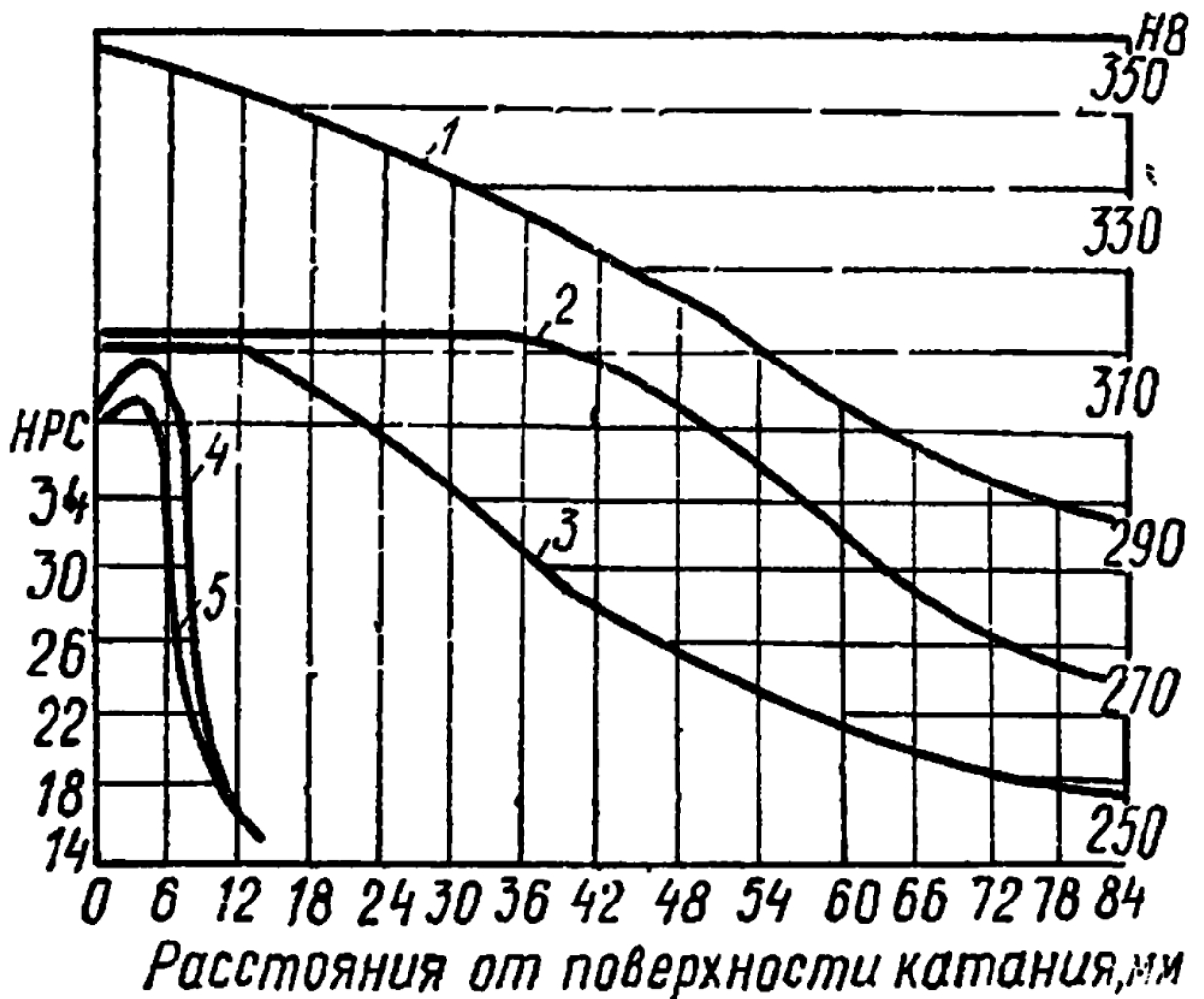


Рисунок 2 - Изменение твердости закаленного металла ходовых колес кранов при закалке ТВЧ и сорбитизации (отпуск при $t = 490 - 500^{\circ} \text{C}$):

1 - сорбитизация при $n = 80$ об/мин; 2 — при $n = 53$ об/мин; 3 — при $n = 23$ об/мин; 4, 5 — закалка ТВЧ

Предварительно обработанные ходовые колеса укладывают на выдвижную тележку или на под нагревательной печи. Колеса диаметром 320—840 мм из стали 60Г нагревают в печи до температуры 700—820 °С и выдерживают в течение 2 ч. После выкатки тележки из печи два колеса при помощи клещевых захватов кранбалки устанавливают на специальное устройство для прерывистой закалки (сорбитизации).

При вращении закаливаемого колеса участки обода погружаются в воду периодически, вследствие чего получается процесс прерывистой закалки. Структура металла и глубина закаленного слоя зависят от режима закалки, т. е. от числа оборотов колеса, общей продолжительности закалки и режима отпуска. Для колес диаметром 500—700 мм наилучшие результаты закалки могут быть

получены при вращении колеса со скоростью 23—25 об/мин, продолжительности закалки 2,5—5 мин. и отпуске при температуре 490—500°С.

Механическая обработка грузовых крюков

На кранах применяют следующие виды грузовых крюков: кованные однорогие при грузоподъемности кранов до 75 т, двурогие — от 5 до 75 т, пластинчатые однорогие — от 37 до 300 т и пластинчатые двурогие — от 100 до 350 т.

Кованные крюки изготавливают из низкоуглеродистых сталей марки сталь 20 или сталь 20Г. Перед механической обработкой поковки крюков подвергают термической обработке — полному отжигу, что снимает внутренние напряжения в металле, полученные в процессековки и штамповки, и снижает твердость металла до 95—135 НВ.

Технологический процесс механической обработки крюков, зависит от вида заготовки (рис. 3).

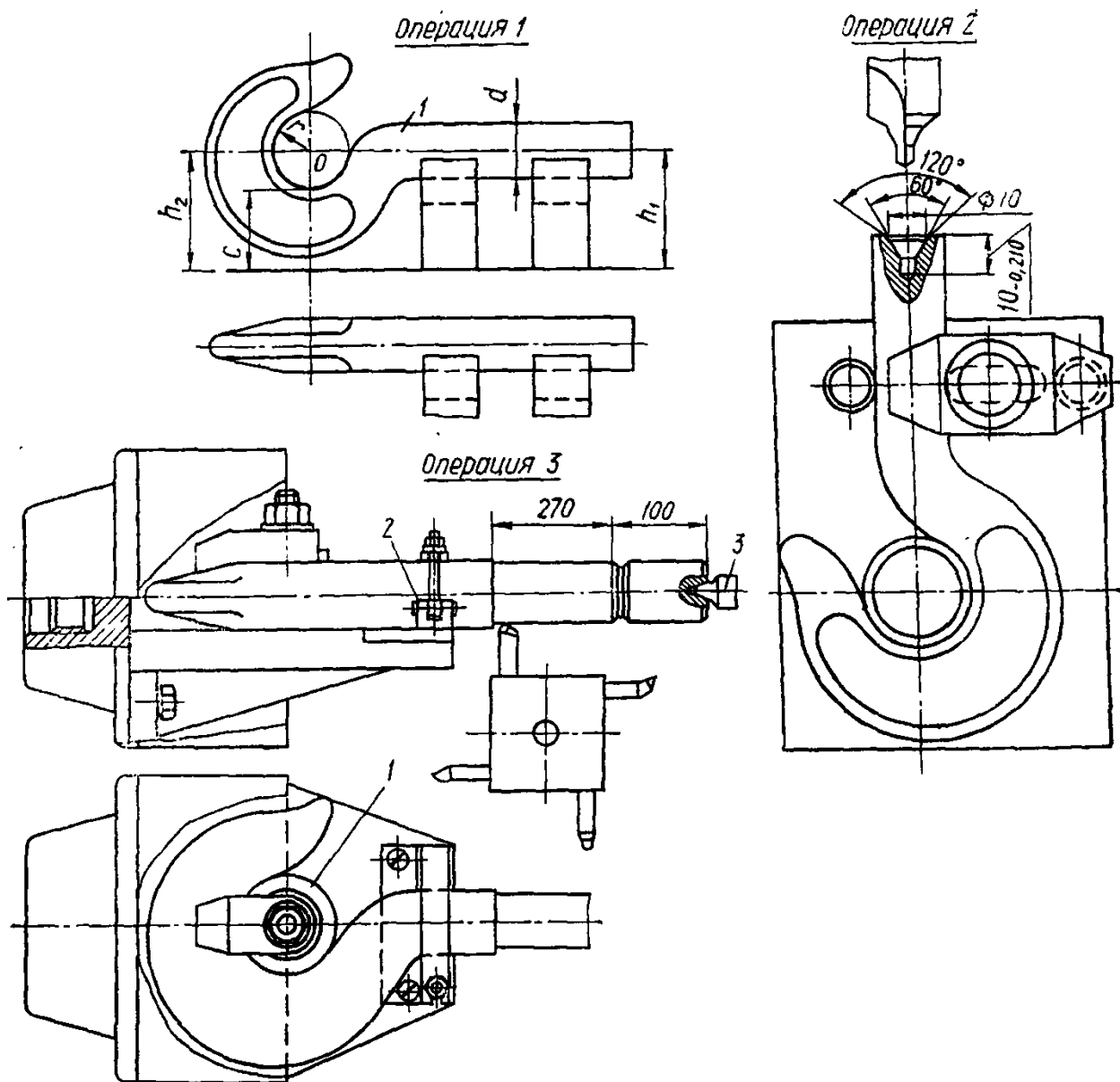


Рисунок 3 - Эскизы к операциям обработки кованого крюка при крупносерийном производстве:

1 — оправка; 2 — прижим; 3 — центр задней бабки станка

Операция 1 — разметка заготовки крюка — начинается с определения геометрической оси крюка. Заготовка в приспособлении базируется на черновую необрабатываемую внутреннюю поверхность зева крюка радиуса r . Величина $h_2 = h_1 \pm 4$ мм определяется из равенства

$$h_2 = z + c,$$

где c — размер, устанавливаемый измерением от базовой поверхности.

Правильность разметки определяется равенством значений величины h в сечениях 1—1 и 2—2.

Операция 2 — обработка центрального отверстия в стержне крюка — выполняется на радиально-сверлильных (крюки малых и средних размеров) или на горизонтально-расточных (крюки больших размеров) станках.

Операция 3 — токарная обработка стержня и нарезание резьбы — производится на токарно-винторезных станках. Заготовка крюка устанавливается на оправку *1* приспособления-патрона и закрепляется в нем при помощи прижима *2*. Хвостовая часть заготовки крюка поджимается центром *3* задней бабки станка.

Маршрутный технологический процесс обработки клепаной заготовки (пакета) пластинчатого крюка включает разметку заготовки и расточку (рис. 4) отверстий диаметром $130A_3$ под ось и диаметром $280A_4$ — в зевах крюка.

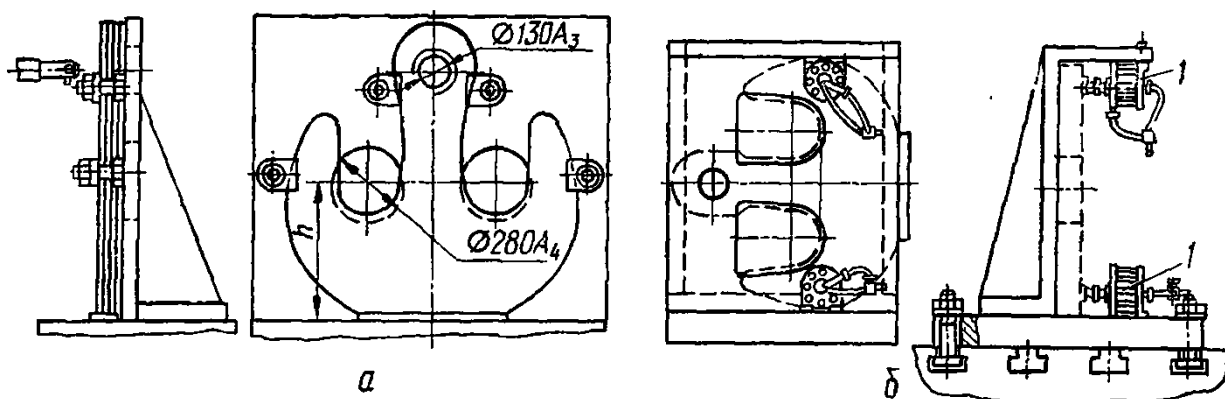


Рисунок 4 - Схемы установки пластинчатого крюка для обработки на горизонтально-расточном станке:

a — приспособления с винтовыми прижимами; *б* — специальные приспособления; *1* — цилиндры

Эти отверстия могут растачиваться в простом приспособлении — угольнике с винтовыми прижимами (рис. 4, *a*) — или в специальном приспособлении, в котором заготовка крюка закрепляется при помощи двух пневматических цилиндров *1* (рис. 4, *б*). После выполнения этих операций производится разметка крюка для фрезерования мест под установку износных накладок, а затем — непосредственно фрезерование на горизонтально-фрезерном станке.

Заключительной операцией является слесарная обработка (запиловка радиусов под накладки, снятие заусенцев и др.).

Тема 1.8. Производство металлоконструкций и применяемые материалы

1. Классификация металлоконструкций машин по конструктивным и технологическим признакам.
2. Применяемые материалы для изготовления, реконструкции и ремонта металлоконструкций СДМ и ПТМ.
3. Общий технологический процесс производства металлоконструкций.
4. Заготовка деталей, сборка и подготовка металлоконструкций к сварке.
5. Производство работ при сварке металлоконструкций.

Классификация металлоконструкций машин по конструктивным и технологическим признакам

К металлическим конструкциям ПТМ и СДМ относятся мосты, порталы, башни, опоры, стрелы, фермы, балки, рамы и др.

Масса металлоконструкции составляет от 25% (автомобильные краны) до 70% (мостовые перегружатели, козловые краны) от общей массы машины.

Современные металлоконструкции машин выполняются, как правило, сварными.

Наиболее широко применяемыми в подъемно-транспортном машиностроении являются сплошнотенчатые (из листа), коробчатые (из листа или гнутых профилей), трубчатые (из труб различного диаметра) и решетчатые (из профильного проката) металлоконструкции.

Сварные конструкции подразделяют по технологическим и конструктивным признакам на три вида: линейные, радиальные и радиально-линейные.

К *линейным конструкциям* относятся сварные узлы, собираемые из прямолинейных деталей и соединяемые при помощи прямолинейных швов. Линейные конструкции делятся на плоскостные, балочные, рамные, решетчатые и корпусные.

Радиальные конструкции, к которым относятся сварные узлы, собираемые из деталей, представляющих собой тела вращения, и соединяемые при помощи кольцевых специальных и криволинейных швов, делятся на три типа: цилиндрические (обечайки, трубы и др.), криволинейные (колена и разветвления трубопроводов, трубы со спиральным швом и др.) и сферические (шаровые резервуары, лепестковые днища и др.).

Радиально-линейные конструкции, к которым относятся сварные узлы, собираемые из деталей, соединяемых при помощи прямолинейных, кольцевых, спиральных и криволинейных швов, подразделяются также на три типа:

балочные, корпусные и рамные. В зависимости от вида заготовок (листовые, из фасонного проката, комбинированные и др.), толщины спариваемых элементов и профиля фасонного проката в пределах типа сварные конструкции делятся на классы. Классы в зависимости от типа сварного соединения (стыковое, нахлесточное и др.) разделяются на подклассы, подклассы — на группы, которые, в свою очередь, делятся на подгруппы и т.д. Степень детализации по данной классификации зависит от сложности конструкции, исходных заготовок, типов сварных соединений и других факторов.

Применяемые материалы для изготовления, реконструкции и ремонта металлоконструкций СДМ и ПТМ

Стали для металлоконструкций. Марки сталей и виды проката, применяемые для изготовления ПТМ и СДМ, должны обеспечивать их работоспособность в условиях, при которых температура воздуха может опускаться до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Основными факторами выбора материала для элементов сварных металлоконструкций являются нижние пределы температуры окружающей среды рабочего и нерабочего состояний, степень нагруженности элементов металлоконструкций, коррозионная агрессивность окружающей среды. При эксплуатации крана на открытом воздухе допустимый фактор его размещения, а также выбор материалов для ремонта его металлоконструкций определяется в соответствии с температурными характеристиками среды в соответствии с требованиями ГОСТ.

Для изготовления расчетных элементов сварных несущих металлоконструкций должен применяться металлопрокат и сортовой прокат, указанный в табл. 1. Марки сталей, указанные в табл. 1, применяют для изготовления ПТМ и СДМ, работающих в широком диапазоне температур с нижним пределом рабочей температуры $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Выбор конкретных марок сталей должен проводиться с учетом изложенных требований.

Таблица 1 - Стали для изготовления расчетных элементов сварных несущих металлоконструкций грузоподъемных машин

Марки стали	Вид проката и сортового металла	Состояние поставки
ОКЗ6ОВ5-1У-СтЗпс	Листы и рулоны толщиной до 3,9 мм	Горячекатаная
СтЗпс2, СтЗГпс2	Лист толщиной 4,0... 4,8 мм; уголок толщиной до 4,5 мм; круг, квадрат до 12 мм; полоса толщиной 4,0... 4,8 мм	Горячекатаная
СтЗпс3	Лист толщиной 5,0... 25,0 мм; уголок толщиной 5,0...25,0 мм; швеллер до № 24, кроме № 22а; двутавр до № 27; круг, квадрат 12,0...25,0 мм; полоса толщиной 5,0...25,0 мм	Горячекатаная
СтЗГпс3	Лист толщиной 10,0...30,0 мм; уголок толщиной 10,0... 30,0 мм; швеллер № 22а—40; двутавр № ,27а—60; круг, квадрат 12,0... 30,0 мм; полоса толщиной 10,0... 30,0 мм	Горячекатаная
16Д (235) ¹	Лист толщиной до 4,8 мм; лист толщиной 5,0... 16,0 мм	Горячекатаная
	Лист толщиной 16,0...40,0 мм	Нормализованная ²
СтЗГпсб	Лист толщиной 10,0...25,0 мм	Термоупрочненная ³
16ГС-2 (315)	Лист толщиной до 5,0 мм	Горячекатаная ³
16ГС-12 (325. ...295) ¹	Лист толщиной 5,0... 32,0 мм; полоса толщиной 5,0...32,0 мм	
09Г2-12, 09Г2Д-12 (295) ¹	Лист толщиной 5,0...32,0 мм; уголок толщиной 5,0...30,0 мм; швеллеры № 5—40; двутавры № 10—60; круг, квадрат 12,0...32,0 мм; полоса толщиной 5,0...32,0 мм	До 20,0 мм — горячекатаная, свыше — термообработанная

Окончание табл. 1

Марки стали	Вид проката и сортового металла	Состояние поставки
09Г2С-12, 09Г2СД-12 (345...265) ¹	Лист толщиной 5,0...60,0 мм; уголок толщиной 5,0...30,0 мм; швеллеры № 5—40; двутавры № 10—60; крут, квадрат 12,0...60,0 мм; полоса толщиной 5,0... 60,0 мм	Горячекатаная или термообработанная
10ХСНД-12 (390) ¹	Лист толщиной 5,0—40,0 мм; уголок толщиной 5 Д..7,0 мм; швеллеры до № 12; двутавры до № 16; полоса толщиной 5,0...7,0 мм	Горячекатаная
10ХСНД-3 (390) ¹	Лист толщиной 8,0—40,0 мм	Термообработанная
	Уголок толщиной 8,0...25,0 мм; швеллеры св. № 12; двутавры св. № 16; полоса толщиной 8,0...40,0 мм	Горячекатаная до 10,0 мм, свыше — термообработанная
15ХСНД-12 (345...325) ¹	Лист толщиной 5,0... 32,0 мм; уголок толщиной 5,0...30,0 мм; швеллеры № 5—40; двутавры № 10—60; круг, квадрат 12,0—32,0 мм; полоса толщиной 3,0 .32,0 мм	Горячекатаная
18Г2АФпс-12, 18Г2АФДпс-12, 15Г2АФДпс-12	Лист толщиной 5,0— 32,0 мм; полоса толщиной 5,0— 32,0 мм	Термообработанная
14Г2АФ-12, 14Г2АФД-12, 16Г2АФ-12, 16Г2АФД-12 (390) ¹	Лист толщиной 5,0—50,0 мм; полоса толщиной 5,0—50,0 мм	Термообработанная
14Г2АФ-12, 14Г2АФД-12, 16Г2АФ-12, 16Г2АФД-12 (390) ¹	Лист толщиной 5,0—50,0 мм; полоса толщиной 5,0... 50,0 мм	Термообработанная

¹ В скобках указано значение предела текучести σ_T , Н/мм².

² Ударная вязкость при температуре -20 °С после механического старения — не менее 29 Дж/см².

³ Ударная вязкость при температуре -40 °С после механического старения — не менее 29 Дж/см².

Углеродистая сталь для изготовления металлоконструкций с помощью сварки должна содержать не более 0,22 % углерода.

При выполнении элементов металлоконструкций, напряжение в которых не превышает 0,4 значения расчетного сопротивления (элементы продольной жесткости балок, люлек, ремонтных площадок, подставок для установки оборудования, каркасы кабин и пр.) должны применяться стали, приведенные в табл. 2. Указанные стали применяют для изготовления металлоконструкций, имеющих нижний предел температуры -40 °С.

Таблица 2 - Стали для изготовления сварных нерасчетных и вспомогательных элементов металлоконструкций

Марки стали	Вид и толщина проката	Состояние поставки
0К360В5-Зпс-св	Листы и рулоны толщиной до 3,9 мм	Горячекатаная
СтЗкп, СтЗкп2 1 .w	Листы толщиной до 5,0 мм; уголок толщиной до 5,0 мм; круг, квадрат до 10,0 мм	Горячекатаная
СтЗпс, СтЗпс2, СтЗГпс2, СтЗпс3	Лист толщиной 5,0.. 10,0 мм; уголок толщиной 5,0... 10,0 мм; швеллер до № 24; двутавр до №27	Горячекатаная
СтЗГпс3	Лист толщиной до 40,0 мм; круг, квадрат до 40,0 мм	Горячекатаная

Примечание. Допускается использование для изготовления нерасчетных элементов металлоконструкций сталей, указанных в табл. 1.

Низколегированные стали (09Г2С, 09Г2, 10ХСНД и др.) применяют для изготовления и ремонта металлоконструкций кранов, предназначенных для работы с нижним пределом рабочей температуры - 40 °С.

Углеродистая сталь для изготовления металлоконструкций с помощью сварки должна содержать не более 0,22 % углерода.

Общий технологический процесс производства металлоконструкций

Производство сложных металлоконструкций ПТМ и СДМ включает ряд операций, которые можно разделить на следующие виды: подготовительные,

сборочно-сварочные для узлов и всей металлоконструкции машины и операции по механической обработке узлов.

К подготовительным операциям относятся правка, очистка, пассивирование, фосфатирование, разметка, резка, штамповка, гибка, пробивка на прессах и механическая обработка кромок под сварку.

Механизация технологических процессов сборки и сварки средних по габаритам узлов металлоконструкции достигается применением манипуляторов, позиционером и кантователей, с помощью которых свариваемые узлы устанавливаются в удобное для сварки положение.

Крупные узлы металлоконструкций (балки, порталы, рабочее оборудование экскаватора и т.д.) собирают на стапелях и сборочных стендах.

Прокат черных металлов должен подаваться на обработку очищенным и выправленным. При мелкосерийном производстве металлоконструкций прокат очищают при помощи ручных или механизированных стальных щеток, наждачных кругов с гибким валом и других приспособлений.

При поточном производстве первичная обработка металла осуществляется на поточных линиях.

Для очистки проката применяют химические методы и механические — при помощи струи мелкой чугунной или стальной дроби. При химических методах очистки листы последовательно опускают в ванны с раствором кислот, теплой водой, раствором щелочей и снова в ванны с теплой водой. Более производительным является дробеструйный метод, так как одновременно оказывает на металл и механическое воздействие, что ускоряет процесс очистки.

На непрерывной поточной линии, предназначенной для дробеструйной очистки и последующего фосфатирования (рис. 1), стальные листы с приемного рольганга 1 поступают в листопрямительные вальцы 2 и на рольганг 3. Затем листоукладчиком листы ставятся на рольганг 4 в вертикальном положении и передвигаются по его приводным роликам, последовательно проходя через камеры 5 двухсторонней дробеструйной очистки и агрегаты первой промывки 6, фосфатирования 7, горячей и холодной промывки 8 и пассивирования 9. Пройдя пассивирование, листы поступают на выходной рольганг 11 и кантователем 12 укладываются в горизонтальном положении на выходной рольганг или стол.

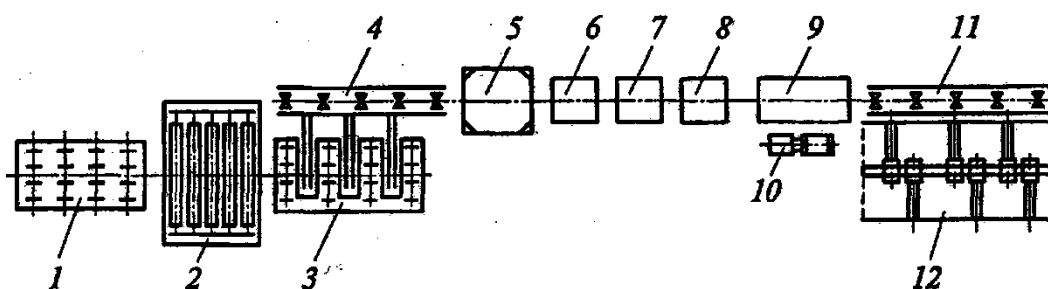


Рисунок 1 - Схема непрерывной поточной линии дробеструйной очистки и фосфатирования листового проката:

1, 3, 4 — рольганги; 2 — листопрямляющие вальцы; 5 — камеры; 6, 8 — агрегаты промывки; 7 — агрегат фосфатирования; 9 — агрегат пассивирования; 10 — редуктор; 11 — выходной рольганг; 12 — кантователь

Цель фосфатирования — предохранить очищенный металл от воздействия кислорода воздуха. Цель пассивирования — образование на поверхности стальных листов тончайших оксидных пленок, защищающих металл от коррозии.

К первичной подготовке проката относится также его правка, осуществляемая на специальных машинах для правки листа, уголка, швеллера и других профилей.

Поверхность проката после правки не должна иметь вмятин, забоин и других повреждений. Качество поверхности после правки должно отвечать требованиям государственных стандартов на прокат.

Резка заготовок деталей должна производиться на ножницах, пилах трения, зубчатых пилах, а также автоматами и полуавтоматами кислородной резки, другими механизированными способами термической и механической резки, обеспечивающими необходимое качество поверхности реза.

Кромки заготовок деталей после кислородной или дуговой (воздушной и кислородной) резки должны быть очищены от грата, шлака, брызг и наплывов металла и не иметь зарезов, в целом занимающих более 20 % общей длины кромки. Длина одного зареза допускается не более 150 мм, глубина — не более 2 мм. Непрямолинейность реза более 1 мм и наплывы должны быть удалены и зачищены. После луговой (воздушной и кислородной) резки кромки деталей перед сваркой должны быть обработаны на глубину 1,5... 2,0 мм от наибольшей впадины реза. Кромки заготовок деталей, отрезанные ножницами, не должны иметь заусенцев и завалов, превышающих 1 мм, а также трещин и расслоений. Кромки заготовок деталей из углеродистых и низколегированных сталей, не подлежащих сварке, в расчетных элементах, работающих на растяжение, после

кислородной и дуговой резки (воздушной и кислородной) и после резки на ножницах должны быть подвергнуты механической обработке.

Необходимость механической обработки кромок деталей должна указываться в чертежах или в технологической документации.

Размеры и допуски при обработке кромок под сварку должны отвечать требованиям ГОСТа.

Разметка является дополнительной ступенью контроля рабочих чертежей. Для выполнения разметочных и наметочных работ необходимо иметь набор чертежно-мерительного инструмента (рис. 2)

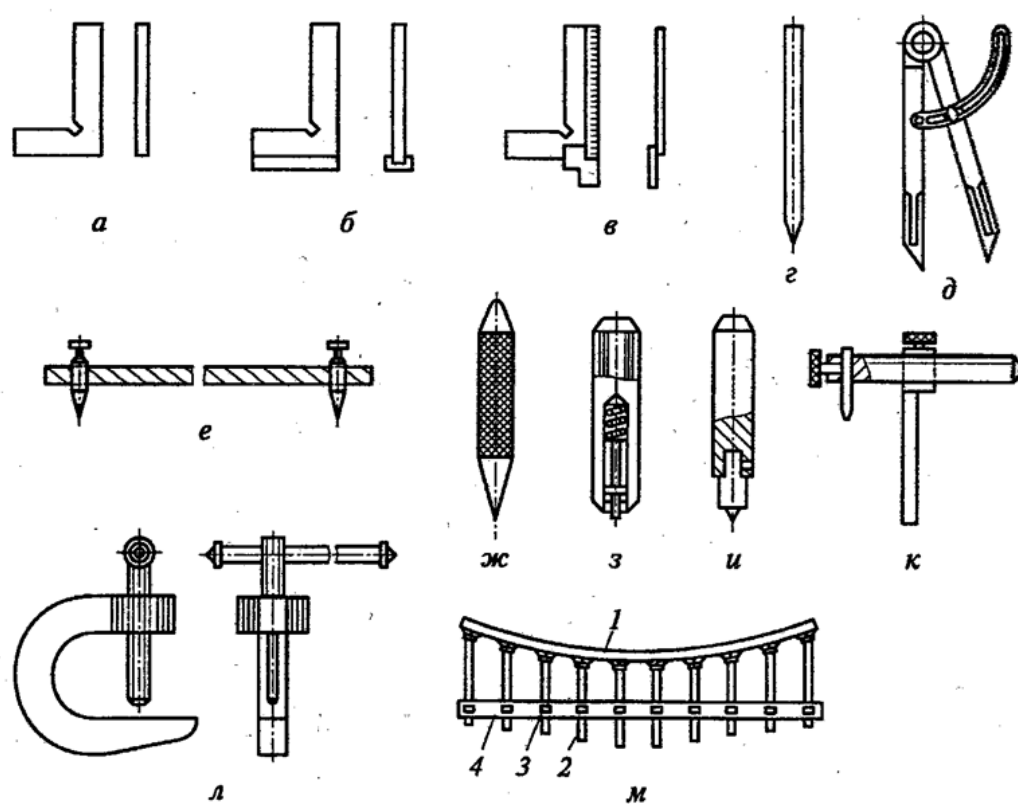


Рисунок 2 - Набор чертежно-мерительного инструмента для разметочных и наметочных работ:

а — стальной угольник; б — стальной угольник бортовой; в — специальный угольник; г — чертилка; д — циркуль; е — штангенциркуль; ж — кернер; з — кернер контрольный; и — кернер центровой; к — рейсмус стальной; л — струбцина; м — гибкий инвентарный шаблон; 1 — гибкая полоса; 2 — алюминиевая линейка; 3 — винт; 4 — деревянный брусок

Заготовка деталей, сборка и подготовка металлоконструкций к сварке

Вырезка заготовок элементов металлоконструкций из проката допускается любым промышленным способом резки в соответствии с конструкторской (ремонтной) документацией, при этом отклонение прямолинейных кромок от проектного очертания определяется допусками на зазоры, установленными ГОСТом в зависимости от ответственности сварного соединения и требуемого класса точности.

Сборка стальных конструкций при изготовлении должна производиться на стеллажах и в условиях, исключающих возможность смещения свариваемых кромок и деформации собираемых сборочных единиц и конструкций. При сборке конструкций под сварку детали устанавливаются таким образом, чтобы обеспечить возможность выполнения сварных швов преимущественно в нижнем положении. При этом между свариваемыми деталями необходимо обеспечивать зазоры всех типов сварных соединений в соответствии с ГОСТом.

При сборке деталей под сварку допускаются следующие отклонения (Δ) от проектного взаимного расположения собираемых деталей.

В стыковых соединениях смещение свариваемых кромок относительно друг друга при толщине стыкуемых деталей не более 4 мм — 0,5 мм; при толщине 4... 10 мм — 1 мм; при толщине свыше 10 мм — 0, Г толщины стыкуемых деталей, но не более 3 мм (рис. 3); уступ кромок в плоскости соединения для полок и других свободных по ширине деталей — не более 3 мм; для деталей шириной до 400 мм — не более 4 мм (рис. 3, а); уступ кромок в соединениях замкнутого контура — не более 2 мм по всему периметру (рис. 3, б).

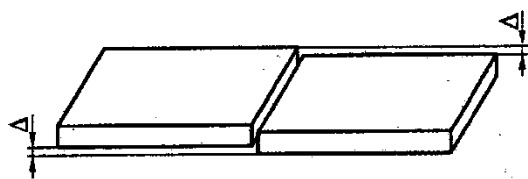


Рис. 3. Смещение свариваемых кромок

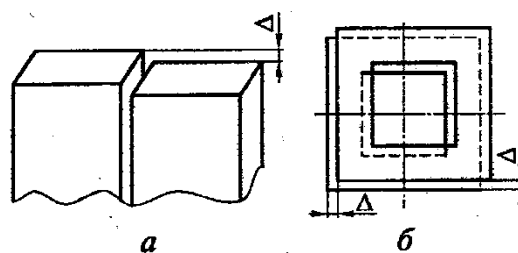


Рис. 4. Уступ кромок:

а — в плоскости соединения для полок и других свободных по ширине деталей; б — в соединениях замкнутого контура

В тавровых соединениях отклонение полки от заданного проектом положения не должно быть более 1:100 (рис. 5).

Прихватка элементов сварных соединений при сборке должна выполняться сварщиком той же квалификации, что и при сварке, и с использованием тех же сварочных материалов.

Прихватка расчетных элементов сваренных несущих металлоконструкций должна выполняться аттестованными сварщиками.

Прихватки необходимо размещать в местах расположения сварных швов. При наложении швов проектного сечения прихватки должны переплавляться. По окончании сборочных работ швы прихваток и места под сварку должны быть зачищены от шлака, окалины, брызг. Прихватки, имеющие дефекты, должны быть удалены и выполнены вновь.

При сборке под сварку в начале и конце стыковых швов должны, как правило, устанавливаться выводные планки; их размеры должны быть следующими: $a > 60$ мм, $b > 80$ мм (рис. 6). Выводные планки должны иметь такую же разделку, как и свариваемые детали.

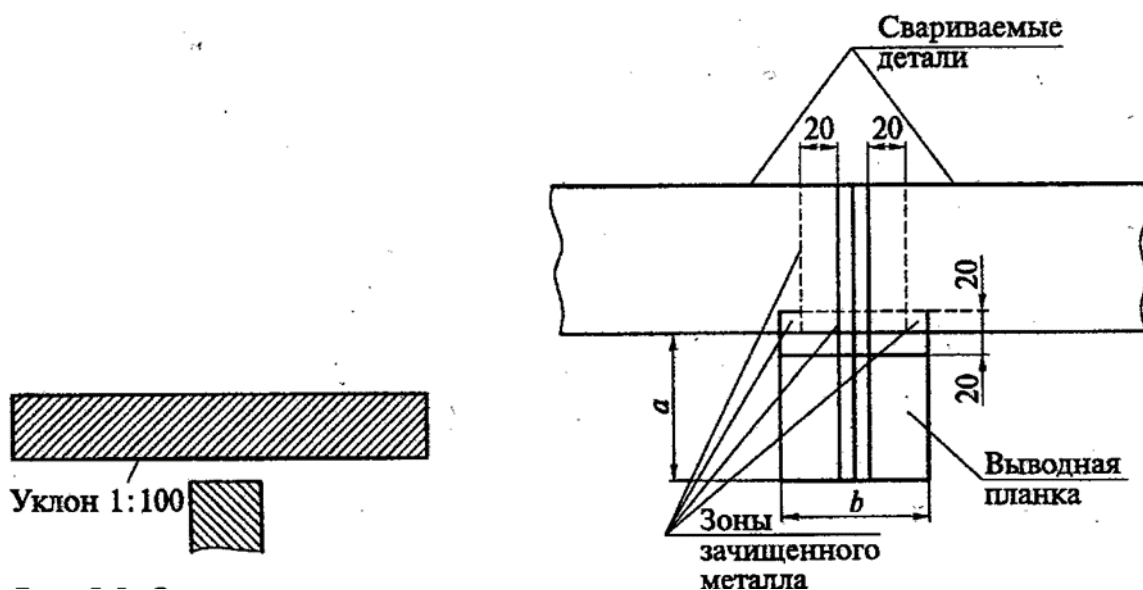


Рис. 5. Отклонение полки в тавровом соединении

Рис. 6. Установка выводных планок

Свариваемые кромки и прилегающие к ним зоны металла шириной не менее 20 мм перед сборкой должны быть очищены от ржавчины, масла, влаги и др.

Свариваемые кромки отливок, кроме того, должны быть очищены от окалины, пригаров формовочной земли и пр.

Производство работ при сварке металлоконструкций

Требования к организации сварочных работ. Сварку металлоконструкций при изготовлении, ремонте и реконструкции необходимо производить в соответствии с требованиями технической документации, устанавливающей способ сварки, порядок положения швов, режимы сварки. Сварочные работы должны выполняться с обеспечением требований безопасности в соответствии с ГОСТом. Перед сваркой необходимо просушить и прокалить электроды и флюс по режимам, указанным в паспортах на эти материалы.

К выполнению сварочных работ при изготовлении расчетных несущих металлоконструкций кранов допускаются только сварщики, аттестованные в установленном порядке и имеющие удостоверения. Сварщики должны выполнять сварку в тех пространственных положениях, которые указаны в их удостоверениях. Сварочные работы должны осуществляться под руководством лица, имеющего специальную техническую подготовку. Сварщик должен проставлять присвоенный ему номер или условный знак (клеймо) рядом с выполненным им швом. Сварка деталей или сборочных единиц должна производиться после проверки правильности их установки, сборки.

Свариваемость сталей, группы свариваемости. В зависимости от качества и надежности сварных соединений и сложности технологии сварки определены четыре группы свариваемости.

Для оценки свариваемости сталей применяют такую величину, как **углеродный эквивалент сталей (СЭКВ)**. При определении углеродного эквивалента учитывается химический состав сталей, т.к. очень большое. Особенно сильно на свариваемость влияет углерод (С). Для определения склонности металла к , применяют следующие формулы расчёта углеродного эквивалента:

$S_{ЭКВ} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$, % - данная формула принята для расчёта в Европейском стандарте.

$S_{ЭКВ} = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4$, % - эта формула для определения углеродного эквивалента стали в стандартах Японии.

$S_{ЭКВ} = C + Mn/20 + Ni/15 + (Cr + Mo + V)/10$, % - такая формула углеродного эквивалента предлагается Британским институтом сварки.

Однако, как оказалось на практике, для микролегированных сталей с пониженным содержанием углерода эти уравнения не могут охарактеризовать снижение прочности из-за роста зёрен. Немцем Дюреном была выведена формула углеродного эквивалента микролегированных сталей, которая достаточно точно характеризует их склонность к образованию холодных трещин:

$$C_{\text{экв}} = C + \text{Si}/25 + (\text{Mn} + \text{Cu})/16 + \text{Cr}/20 + \text{Ni}/20 + \text{Mo}/40 + \text{V}/15, \%$$

Значение углеродного эквивалента позволяет определить, к какой относится та, или иная марка, кроме того, это значение понадобится, чтобы определить температуру предварительного подогрева. Определяется она по формуле:

Значение углеродного эквивалента позволяет определить, к какой группе свариваемости сталей относится та, или иная марка, кроме того, это значение понадобится, чтобы определить температуру предварительного подогрева при сварке металлов. Определяется она по формуле:

$$T = 350 * \sqrt{C - 0,25}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

где C - общий эквивалент углерода, который можно вычислить следующим образом:

$$C = C_{\text{экв}} + C_s,$$

$C_{\text{экв}}$ - химический эквивалент углерода, вычисляется по формулам, приведённым выше;
 C_s - эквивалент углерода, в зависимости от толщины листа, в мм. Вычисляется по формуле:

$$C_s = 0,005 * S * C_{\text{экв}}.$$

$$\text{В итоге, получаем: } C = C_{\text{экв}} * (1 + 0,005 * S)$$

Исходя из полученной величины углеродного эквивалента можно условно разделить стали на 4 группы:

- $C_{\text{экв}}$ не более 0,2 - свариваемость стали хорошая;
- $C_{\text{экв}}$ свыше 0,2 и не более 0,35 - свариваемость стали удовлетворительная;
- $C_{\text{экв}}$ свыше 0,35 и не более 0,45 - сталь ограниченно свариваемая;
- $C_{\text{экв}}$ свыше 0,45 - свариваемость стали плохая (трудносвариваемая).

Тема 1.9. Методы упрочняющей технологии деталей машин

1. Термическая и химико-термическая обработка.
2. Методы механического упрочнения поверхностного слоя деталей.

Термическая и химико-термическая обработка

Известно, что состояние поверхностного слоя валов и других деталей оказывает существенное влияние на эксплуатационные свойства машин. Специальной обработкой можно придать поверхностным слоям деталей машин особые физико-механические свойства. Для этой цели в машиностроении применяют ряд методов. Все эти методы могут быть классифицированы следующим образом:

- методы поверхностной термической обработки (обычная закалка, закалка токами высокой частоты);
- химико-термические методы (цементация, азотирование, цианирование);
- диффузионная металлизация (диффузионное алитирование, хромирование, силицирование и др.);
- покрытие поверхностей твердыми сплавами и металлами (покрытие литыми и порошкообразными сплавами);
- металлизация поверхностей (распылением расплавленным металлом);
- поверхностно-пластическое деформирование.

Закалка поверхностная — нагревание электротоком или газовым пламенем поверхности изделия. Сердцевина изделия после охлаждения остается незакаленной. Закалкой получается твердая износостойчивая поверхность при сохранении прочной и вязкой сердцевины. Кроме того, поверхностная закалка может осуществляться с помощью лазерного луча.

Цементация — насыщение поверхностного слоя стали углеродом при нагревании ее в твердом, газообразном или жидком карбюризаторе, выдержка и последующее охлаждение. Детали после цементации подвергаются закалке для достижения высокой твердости поверхностного слоя и сохранения пластичной сердцевины.

Азотирование — насыщение поверхностного слоя стали азотом при нагревании в газообразном аммиаке (температура не ниже 450 °С), выдержка при этой температуре и последующее охлаждение. Повышается твердость, износостойчивость и антикоррозийные свойства.

Цианирование — одновременное насыщение поверхностного слоя стали углеродом и азотом. При этом повышаются твердость, износостойкость. Для придания стали специальных физических и химических свойств (жаростойкости, антикоррозийных свойств и др.) применяют диффузионную металлизацию. Она заключается в нагревании стальной поверхности, контактирующей с металлосодержащей средой, до высокой температуры, насыщении поверхности алюминием (алитирование), хромом (диффузионное хромирование), кремнием (силицирование) и другими металлами, выдержке и последующем охлаждении.

Покрытие поверхностей твердыми сплавами и металлами, а также металлизацию (напыление) применяют для повышения износостойкости поверхностей.

При использовании в качестве присадочного материала порошков возможны следующие методы напыления: плазменное напыление, с применением лазеров, и др.

Методы механического упрочнения поверхностного слоя деталей

Поверхностно-пластическое деформирование (ППД) — один из наиболее простых и эффективных технологических путей повышения работоспособности и надежности изделий машиностроения. В результате ППД повышаются твердость и прочность поверхностного слоя, формируются благоприятные остаточные напряжения, уменьшается параметр шероховатости Ra , увеличиваются радиусы закругления вершин, относительная опорная длина профиля и т. п.

Формирование поверхностного слоя с заданными свойствами должно обеспечиваться технологией упрочнения.

Основные способы поверхностного пластического деформирования, достигаемая точность и шероховатость поверхностей показаны в таблице 1.2.

Наиболее широко применяют способы обкатывания и раскатывания шариковыми и роликовыми обкатниками наружных и внутренних цилиндрических, плоских и фасонных поверхностей. Цилиндрические наружные, внутренние, фасонные поверхности обрабатываются, как правило, на токарных, револьверных, сверлильных и других станках; плоские поверхности — на строгальных, фрезерных станках. Примеры обкатывания и раскатывания поверхностей роликами приведены на рисунке 1. Обычно этими способами обрабатывают достаточно жесткие заготовки из стали, чугуна и цветных сплавов.

Качество обрабатываемой поверхности при обкатывании роликами и шариками в значительной степени зависит от режимов деформирования: силы обкатывания (или давления на ролик и шарик), подачи, скорости, числа рабочих ходов и применяемой смазочно-охлаждающей жидкости. До обкатывания и раскатывания заготовки обрабатывают точением, шлифованием и другими способами, обеспечивающими точность по 7...9 квалитетам и $Ra < 1,6...0,2$ мкм.

Припуск на обработку обычно рекомендуется выбирать равным 0,005...0,02 мм.

Пластическое поверхностное деформирование может быть отделочно-упрочняющей операцией (уменьшает шероховатость поверхности и упрочняет поверхностный слой), отделочно-упрочняющей и калибрующей операцией (кроме сказанного выше, повышает точность обработки); отделочно-калибрующей операцией (упрочнения не происходит).

Таблица 1.2

Основные способы поверхностного пластического деформирования (ППД)

Поверхности					
наружные цилиндрические	Обкатывание роликами	IT	10...7	2,0...0,05	
		Ra	10...7	2,0...0,05	
	Обкатывание роликами	IT	8...7	0,4...0,025	7...5
		Ra	8...7	0,4...0,025	7...5
	Алмазное выглаживание	IT	9...7	0,4...0,01	0,15...0,02
		Ra	9...7	0,4...0,01	0,15...0,02
	Центробежная обработка	IT	8...7	2,0...0,05	0,15...0,02
		Ra	8...7	2,0...0,05	0,15...0,02
	Поверхностное раскатывание	IT	7...6	0,15...0,1	0,15...0,1
		Ra	7...6	0,15...0,1	0,15...0,1
	Деформирующее противание, прошивание	IT	9...6	0,4...0,02	0,4...0,02
		Ra	9...6	0,4...0,02	0,4...0,02
внутренние цилиндрические	Алмазное выглаживание	IT	10...7	0,1...0,05	
		Ra	10...7	0,1...0,05	
	Обкатывание роликами	IT	10...7	2,0...0,1	2,0...0,1
		Ra	10...7	2,0...0,1	2,0...0,1
	Многороликовое обкатывание	IT	10...7	2,0...0,1	2,0...0,1
		Ra	10...7	2,0...0,1	2,0...0,1
	Вращающееся обкатывание	IT	9...8	2,5...0,16	2,0...0,025
		Ra	9...8	2,5...0,16	2,0...0,025
плоские	Обкатывание шариками	IT	10...8	1,25...0,16	
		Ra	10...8	1,25...0,16	
	Обкатывание роликами	IT	9...8	2,5...0,16	9...8
		Ra	9...8	2,5...0,16	9...8
	Алмазное выглаживание	IT	9...8	0,4...0,1	0,4...0,1
		Ra	9...8	0,4...0,1	0,4...0,1
	Центробежная обработка	IT	7...5	0,1...0,05	0,1...0,05
		Ra	7...5	0,1...0,05	0,1...0,05
Алмазное выглаживание	IT	7...5	0,1...0,05	0,1...0,05	
	Ra	7...5	0,1...0,05	0,1...0,05	
фасонные	Обработка лобью	IT	7...5	0,1...0,05	
		Ra	7...5	0,1...0,05	
	Алмазное выглаживание	IT	9...8	0,4...0,1	0,4...0,1
		Ra	9...8	0,4...0,1	0,4...0,1

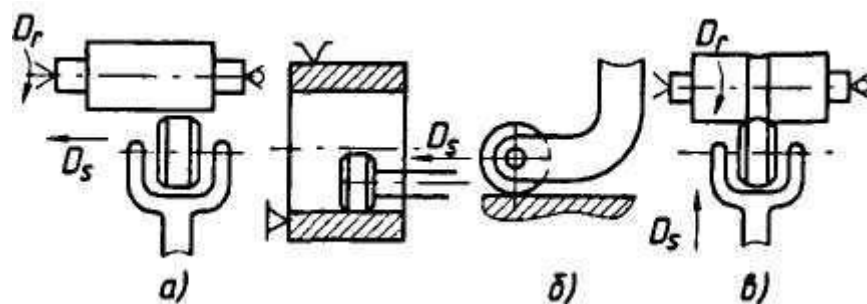


Рисунок 1 - Схемы обработки роликом:

а-наружных и внутренних цилиндрических поверхностей; б - плоских поверхностях; в — фасонных поверхностей

Внутренние цилиндрические поверхности, кроме рассмотренных операций раскатывания, пластически деформируют путем прошивания и протягивания выглаживающими прошивками и протяжками (дорнование) и шариками. Схемы обработки отверстий дорнованием приведены на рисунке 2.

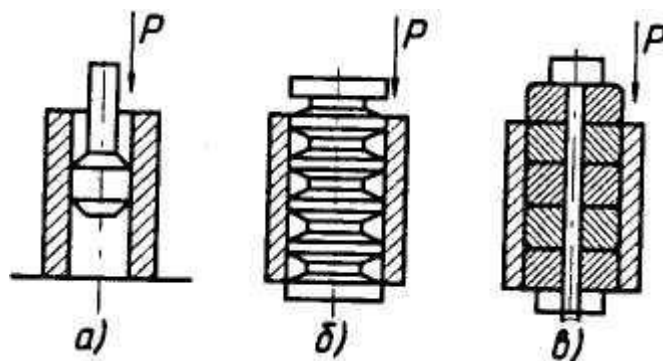


Рисунок 2 - Схемы дорнования отверстий:

а-однозубым дорном; б - многозубым дорном; в-многозубым составным дорном

Этими способами можно упрочнять, калибровать фасонные поверхности (шлицы, отверстия). Точность обработки поверхностей повышается на 30...60 %, шероховатость обработанных внутренних поверхностей уменьшается. При обработке отверстий обязательным является применение смазочно-охлаждающих жидкостей. Дорнование осуществляют на протяжных станках и прессах.

Наряду с изложенными выше способами широко применяют центробежное (инерционное) упрочнение. При этом используется центробежная сила шариков (роликов), свободно сидящих в радиальных отверстиях быстровращающегося диска. Схема центробежной обработки поверхности шариками показана на рисунке 3.

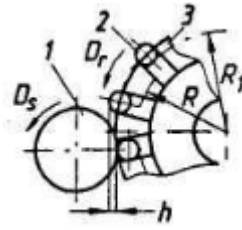


Рисунок 3 – Схема центробежной обработки шариками

Шарики 2 при вращении диска 3 смещаются в радиальном направлении на величину $h = (R_1 - R)$, нанося многочисленные удары по заготовке 1 и пластически деформируя поверхность. Для получения поверхностей с минимальным параметром шероховатости и упрочненным слоем небольшой глубины применяют алмазное выглаживание. Процесс аналогичен обкатыванию, но инструментом служит кристалл алмаза, находящийся в специальной державке.

К методам пластического деформирования, упрочняющим по-верхности деталей, кроме указанных в табл. 1.2, относятся: обработка дробью, гидровиброударная обработка; электромагнитное, ультразвуковое упрочнение и др.

Тема 1.10. Электрофизические и электрохимические методы обработки

1. Характеристика электрофизических и электрохимических методов обработки.
2. Электроэрозионная обработка. Электрохимические методы обработки. Анодно-механическая обработка.
3. Химические методы обработки. Ультразвуковая обработка.
4. Лучевые методы обработки. Плазменная обработка.

Характеристика электрофизических и электрохимических методов обработки

Электрофизические и электрохимические методы обработки (эфэх) предназначены в основном для обработки заготовок из очень прочных, весьма вязких, хрупких и неметаллических материалов.

Эти методы имеют следующие преимущества:

- отсутствует силовое воздействие инструмента на заготовку (или очень мало и не влияет на суммарную погрешность обработки);
- позволяют менять форму поверхности заготовки и влияют на состояние поверхностного слоя: наклеп обработанной поверхности не образуется, дефектный слой незначителен; повышаются коррозионные, прочностные и другие эксплуатационные характеристики поверхности;

– можно обрабатывать очень сложные наружные и внутренние поверхности заготовок.

ЭФЭХ методы обработки являются универсальными и обеспечивают непрерывность процессов при одновременном формообразовании всей обрабатываемой поверхности. Эти методы внедряются в различных отраслях промышленности.

Электроэрозионная обработка. Электрохимические методы обработки. Анодно-механическая обработка

Электроэрозионные методы обработки основаны на явлении эрозии электродов из токопроводящих материалов при пропускании между ними импульсного электрического тока.

Разряд между электродами происходит в газовой среде или при заполнении межэлектродного пространства диэлектрической жидкостью – керосин, минеральное масло.

При наличии разности потенциалов на электродах происходит ионизация межэлектродного пространства. При определенном значении разности потенциалов – образуется канал проводимости, по которому устремляется электроэнергия в виде импульсного искрового или дугового разряда.

На поверхности заготовки температура возрастает до 10000...12000 °С. Происходит мгновенное оплавление и испарение элементарного объема металла и на обрабатываемой поверхности образуется лунка. Удаленный металл застывает в диэлектрической жидкости в виде гранул диаметром 0,01...0,005 мм.

При непрерывном подведении к электродам импульсного тока процесс эрозии продолжается до тех пор, пока не будет удален весь металл, находящийся между электродами на расстоянии, при котором возможен электрический пробой (0,01...0,05 мм) при заданном напряжении.

Для продолжения процесса необходимо сблизить электроды до указанного расстояния. Электроды сближаются автоматически с помощью следящих систем.

Электроискровая обработка

Схема электроискровой обработки представлена на рисунке 1.

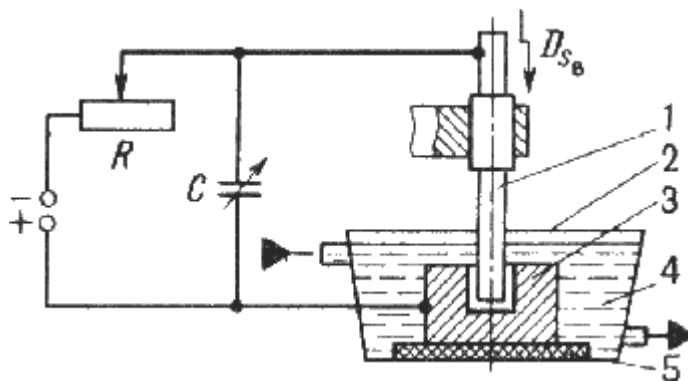


Рисунок 1 - Схема электроискрового станка:

1 – электрод-инструмент; 2 – ванна; 3 – заготовка-электрод; 4 – диэлектрическая жидкость; 5 – изолятор

При электроискровой обработке – используют импульсные искровые разряды между электродами (обрабатываемая заготовка (анод) – инструмент (катод)).

Конденсатор C заряжается через резистор R от источника постоянного тока напряжением 100...200 В. Когда напряжение на электродах 1 и 3 достигает пробойного образуется канал, через который осуществляется искровой разряд энергии, накопленной конденсатором.

Продолжительность импульса 20...200 мкс.

Точность обработки до 0,002 мм, R_x 0,63...0,16 мкм.

Для обеспечения непрерывности процесса (зазор =const) станки снабжаются следящей системой и системой автоматической подачи инструмента.

Получают сквозные отверстия любой формы поперечного сечения, глухие отверстия и полости, отверстия с криволинейными осями, вырезают заготовки из листа, выполняют плоское, круглое и внутреннее шлифование.

Изготавливают штампы и пресс-формы, фильеры, режущий инструмент.

Схемы электроискровой обработки представлены на рисунке 2.

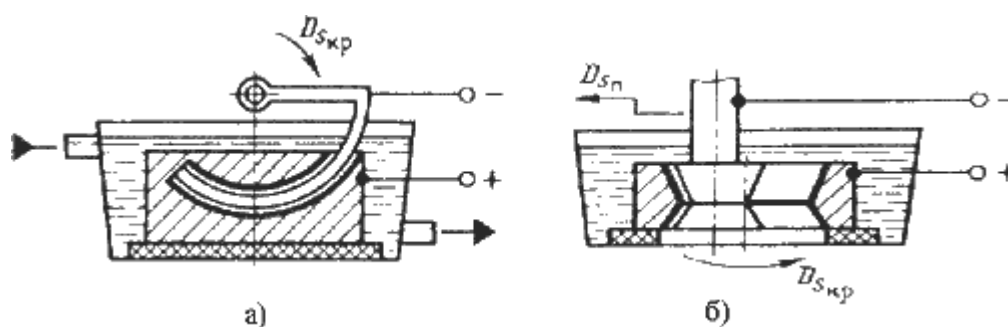


Рисунок 2 - Схемы электроискровой обработки:

а – прошивание отверстия с криволинейной осью; б – шлифование внутренней поверхности фильеры

Электроискровую обработку применяют для упрочнения поверхностного слоя металла. На поверхность изделия наносят тонкий слой металла или композиционного материала. Подобные покрытия повышают твердость, износостойкость, жаростойкость, эрозионную стойкость и так далее.

Электроимпульсная обработка

При электроимпульсной обработке используют электрические импульсы большой длительности (5...10 мс), в результате чего происходит дуговой разряд.

Большие мощности импульсов от электронных генераторов обеспечивают высокую производительность обработки.

Электроимпульсную обработку целесообразно применять при предварительной обработке штампов, турбинных лопаток, фасонных отверстий в детали из коррозионно-стойких и жаропрочных сплавов.

Схема обработки показана на рисунке 3.

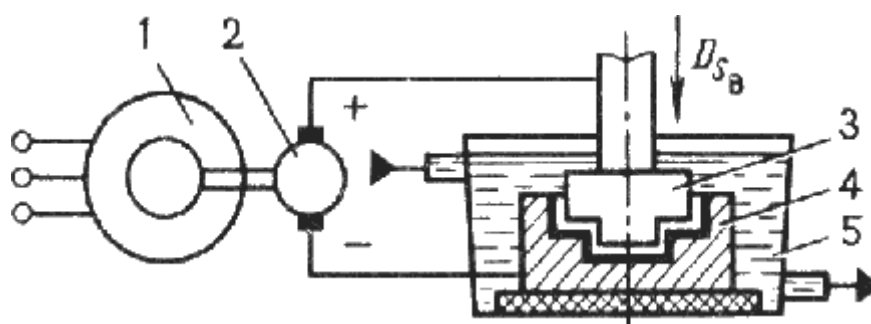


Рисунок 3 - Схема электроимпульсной обработки:

1 – электродвигатель; 2 – импульсный генератор постоянного тока; 3 – инструмент-электрод; 4 – заготовка-электрод; 5 – ванна

Электроконтактная обработка

Электроконтактная обработка основана на локальном нагреве заготовки в месте контакта с электродом-инструментом и удалении размягченного или расплавленного металла из зоны обработки механическим способом: относительным движением заготовки или инструмента.

Источником теплоты служат импульсные дуговые разряды.

Этот вид обработки рекомендуется для крупных деталей из углеродистых и легированных сталей, чугуна, цветных сплавов, тугоплавких и специальных сплавов (рисунок 4).

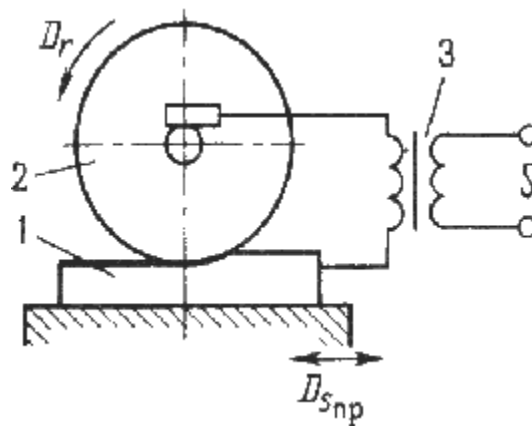


Рисунок 4 - Схема электроконтактной обработки плоской поверхности:

1 – обрабатываемая заготовка; 2 – инструмент-электрод; 3 – трансформатор

Этот метод применяют для зачистки отливок от заливов, отрезки литниковых систем, зачистки проката, шлифования коррозионных деталей из труднообрабатываемых сплавов.

Электрохимические методы обработки

Электрохимическая обработка основана на законах анодного растворения металлов при электролизе.

При прохождении электрического тока через электролит на поверхности заготовки происходят химические реакции, и поверхностный слой металла превращается в химическое соединение.

Продукты электролиза переходят в раствор или удаляются механическим способом.

Производительность этого способа зависит от электрохимических свойств электролита, обрабатываемого материала и плотности тока.

Электрохимическое полирование.

Электрохимическое полирование осуществляется в ванне, заполненной электролитом (растворы кислот и щелочей).

Обрабатываемую заготовку подключают к катоду (рисунок 5). Катодом служит металлическая пластинка из свинца, меди, стали (иногда электролит подогревают).

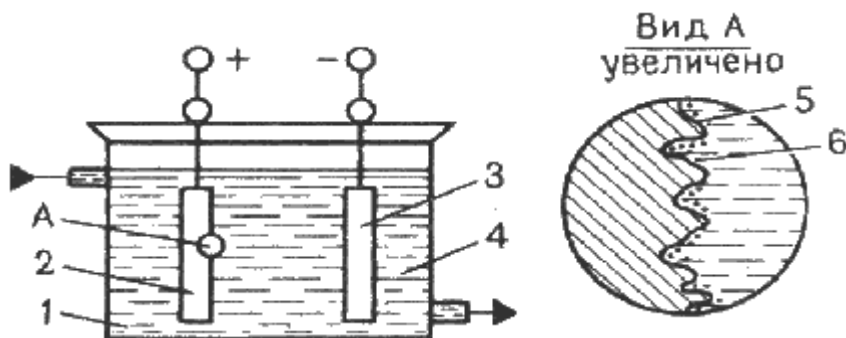


Рисунок 5 - Схема электрохимического полирования:

1 – ванна; 2 – обрабатываемая заготовка; 3 – пластина-электрод; 4 – электролит; 5 – микровыступ; 6 – продукты анодного растворения

При подаче напряжения начинается процесс растворения металла заготовки (в основном на выступах микронеровностей). В результате избирательного растворения, микронеровности сглаживаются, и обрабатываемая поверхность приобретает металлический блеск.

Улучшаются электрофизические характеристики деталей: уменьшается глубина микротрещин, поверхностный слой не деформируется, исключаются упрочнения и термические изменения структуры, повышается коррозионная стойкость.

Этим методом получают поверхности под гальванические покрытия, доводят рабочие поверхности режущего инструмента, изготавливают тонкие ленты и фольгу, очищают и декоративно отделяют детали.

Электрохимическая размерная обработка

Электрохимическая размерная обработка выполняется в струе электролита, прокачиваемого под давлением через межэлектродный промежуток.

Электролит растворяет образующиеся на поверхности заготовки – анода соли и удаляет их из зоны обработки. Высокая производительность процесса заключается в том, что одновременно обрабатывается вся поверхность заготовки.

Участки, не требующие обработки, изолируют. Инструменту придают форму, обратную форме обрабатываемой поверхности. Формообразование происходит по методу копирования (рисунок 6).

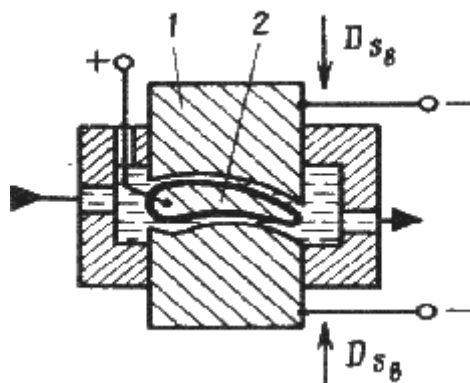


Рисунок - 6 Схема электрохимической размерной обработки:

1 – инструмент – катод; 2 – заготовка – анод

Точность обработки повышается при уменьшении рабочего зазора. Для его контроля используют высокочувствительные элементы, которые встраивают в следящую систему.

Этот способ рекомендуют для обработки заготовок из высокопрочных сталей, карбидных и труднообрабатываемых материалов. Также можно обрабатывать тонкостенные детали с высокой точностью и качеством обработанной поверхности (отсутствует давление инструмента на заготовку).

Комбинированные методы обработки

Электроабразивная и электроалмазная обработка

При таких видах обработки инструментом служит шлифовальный круг из абразивного материала на электропроводящей связке (бакелитовая связка с графитовым наполнителем).

Между анодом – заготовкой и катодом – шлифовальным кругом имеется зазор, куда подается электролит. Продукты анодного растворения удаляются абразивными зернами; шлифовальный круг имеет вращательное движение, а заготовка – движение подачи, которые соответствуют процессу механического шлифования (рисунок 7).

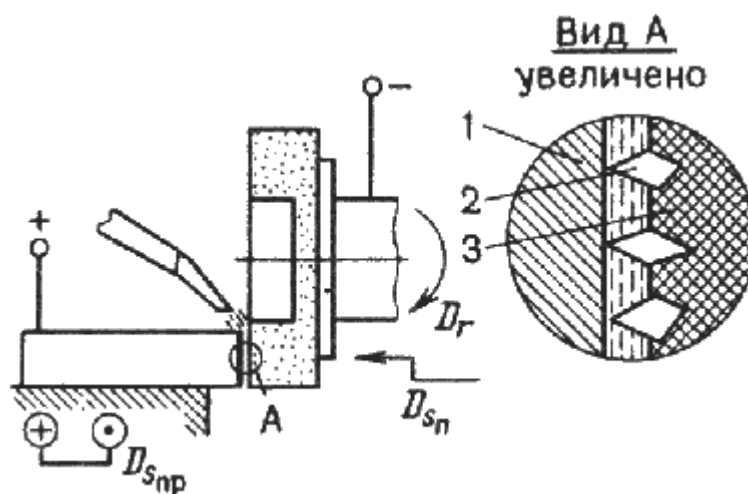


Рисунок 7 - Схема электроабразивного шлифования:

1 – заготовка; 2 – абразивные зёрна; 3 – связка шлифовального круга.

Введение в зону резания ультразвуковых колебаний повышает производительность в 2...2,5 раза при улучшении качества поверхности. Эти методы применяются для отделочной обработки заготовок из труднообрабатываемых материалов, а также нежестких заготовок, так как силы резания незначительны.

Анодно-механическая обработка

Анодно-механическая обработка основана на сочетании электротермических и электромеханических процессов и занимает промежуточное место между электроэрозионным и электрохимическим методами.

Заготовку подключают к аноду, а инструмент – к катоду. В качестве инструмента используют металлические диски, цилиндры, ленты, проволоку.

Обработку ведут в среде электролита (водный раствор жидкого натриевого стекла).

Рабочие движения, как при механической обработке резанием.

Электролит в зону обработки подают через сопло (рисунок 8).

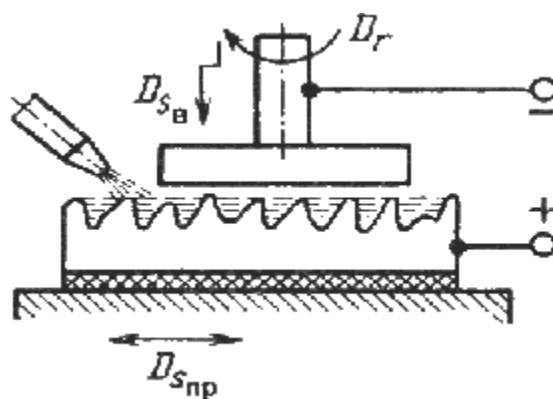


Рисунок 8 - Схема анодно-механической обработки плоской поверхности

При пропускании через раствор электролита постоянного электрического тока происходит процесс анодного растворения, как при электрохимической обработке.

При соприкосновении инструмента с микронеровностями заготовки происходит электроэрозия, присущая электроискровой обработке. Металл заготовки в месте контакта с инструментом разогревается и разжижается. Продукты электроэрозии и анодного растворения удаляются при относительных движениях инструмента и заготовки.

Этим способом обрабатывают заготовки из высокопрочных и труднообрабатываемых сплавов, вязких материалов.

Этим способомрезают заготовки на части, прорезают пазы и щели, обрабатывают поверхности тел вращения, шлифуют плоские поверхности и поверхности, имеющие форму тел вращения, полируют поверхности, затачивают режущий инструмент.

Химические методы обработки

В основе химических методов обработки лежит воздействие химически активных веществ на обрабатываемую поверхность заготовки. В результате протекающих химических обменных реакций происходит либо растворение поверхностного слоя в окружающей среде, либо осаждение вещества их среды на поверхности заготовки. Это обусловило возможность использования химических методов, во-первых для поверхностного и глубинного травления заготовок и, во-вторых, для осаждения на обрабатываемую поверхность покрытий (пленок).

Химическим травлением называют удаление поверхностных слоев заготовки в химически активных средах (травителях) в результате химических реакций. В промышленности травление получило широкое распространение при выполнении таких видов работ, как очистка поверхности заготовки от окалины (поверхностное травление), глубинное травление (в литературе встречается под названием «химическое фрезерование»), поверхностное травление рельефа на заготовках, химическое полирование.

Ультразвуковая обработка

Ультразвуковые методы обработки (УЗО) основаны на использовании энергии ультразвуковых колебаний (УЗК) с частотой $f=16-44$ кГц и с плотностью мощности на инструменте более 10^6 Вт/м². УЗК сообщают либо заготовке, либо инструменту, либо среде, в которой осуществляется обработка.

Методы УЗК подразделяют на *основные*, где ультразвуковые колебания используют непосредственно для выполнения заданного вида обработки, и *комбинированные* – для интенсификации других технологических методов. Среди основных различают следующие группы:

- ультразвуковая абразивная обработка;
- ультразвуковое соединение деталей;
- ультразвуковая очистка /мойка поверхностей;
- ультразвуковая поверхностно-упрочняющая обработка.

Лучевые методы обработки

Электроннолучевая обработка – основана на превращении кинетической энергии направленного пучка электронов в тепловую энергию. Высокая плотность энергии сфокусированного электронного луча позволяет обрабатывать заготовку за счет нагрева, расплавления и испарения материала с локального участка.

Схема электроннолучевой обработки представлена на рисунке 9.

Электронный луч образуется за счет эмиссии электронов с нагретого в вакууме катода. Он с помощью электростатических и электромагнитных линз фокусируется на заготовке.

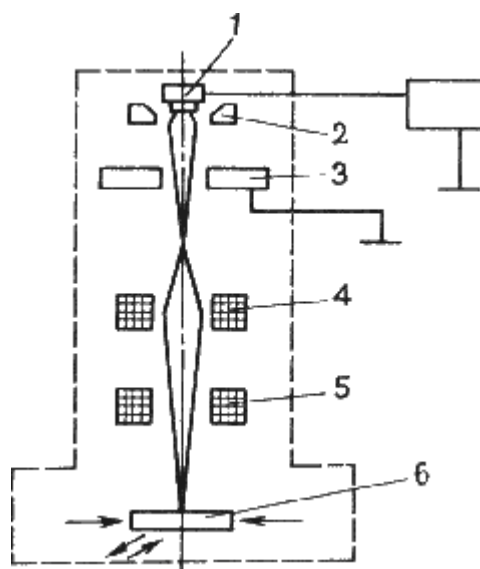


Рисунок 9 - Схема установки для электроннолучевой сварки: 1 – катод электронной пушки; 2 – электрод; 3 – анод; 4 и 5 – отклоняющая магнитная система; 6 – заготовка

При размерной обработке установка работает в импульсном режиме, что обеспечивает локальный нагрев заготовки.

Электроннолучевой метод эффективен при обработке отверстий диаметром 1...0,010 мм, при прорезании пазов, резке заготовок, изготовлении тонких пленок и сеток из фольги, изготовлении заготовок из труднообрабатываемых металлов и сплавов, керамики, кварца, полупроводникового материала.

Лазерная обработка – основана на тепловом воздействии светового луча высокой энергии на поверхность заготовки. Источником светового излучения служит лазер – оптический квантовый генератор.

Энергия светового луча не велика 20...100 Дж, но она выделяется в миллионные доли секунды и сосредотачивается в луче диаметром 0,01 мм. Поэтому температура в зоне контакта 6000...8000 °С.

Слой металла мгновенно расплавляется и испаряется. С помощью этого метода осуществляется прошивание отверстий, разрезание заготовки, прорезание пазов в заготовках из любых материалов (фольга из тантала, вольфрама, молибдена). Также с помощью этого метода можно осуществить контурную обработку по сложному периметру.

Плазменная обработка

Сущность обработки заключается в том, что плазму направляют на обрабатываемую поверхность.

Плазменная струя представляет собой направленный поток частично или полностью ионизированного газа, имеющего температуру 10000...20000 °С. Плазму получают в плазменных горелках, пропуская газ через столб сжатой дуги. В качестве плазмообразующих газов используют азот, аргон, водород, гелий, воздух и их смеси.

С помощью этого метода прошиваются отверстия, вырезаются заготовки из листового материала, производится точение в заготовках из любых материалов.

При прошивании отверстий и разрезке головку устанавливают перпендикулярно к поверхности заготовки, при строгании и точении – углом 40...60°.

Плазменное напыление

Этот вид обработки осуществляется с целью получения заданных размеров.

В камеру плазматрона подается порошкообразный конструкционный материал и инертный газ под давлением.

Под действием дугового разряда конструкционный материал плавится и переходит в состояние плазмы; струя плазмы сжимается в плазматроне газом. Выходя из сопла, струя направляется на обрабатываемую заготовку.

Тема 1.11. Основы проектирования технологических процессов механической обработки деталей

1. Общие положения.
2. Основные этапы проектирования технологических процессов механической обработки: анализ конструкторской документации; определение типа производства; выбор метода изготовления заготовки, выбор технологических баз; проектирование маршрута обработки заготовки; проектирование технологических операций; выбор технологической оснастки; расчет режимов обработки и технических норм времени.
3. Оформление технологической документации (маршрутная карта, операционная карта, карта эскизов, документы технологического контроля).

Общие положения

Разработка технологического процесса (ТП) производится на основе технических и экономических принципов. Проектируемый ТП должен отвечать всем требованиям чертежа и техническим условиям, обеспечивать минимум затрат времени и средств, а так же минимальную себестоимость изготовления изделия. ТП должен быть прогрессивным, обеспечивая повышение производительности и качества изделий. Проектирование ТП является многовариантной задачей с обеспечением оптимизации условий изготовления. Из нескольких равноценных, с технической точки зрения, вариантов выбирается наиболее экономичный. Экономичность ТП оценивается по всем его элементам или расчетом по укрупненным показателям. В простейшем случае оптимизируют отдельные (лимитирующие) операции процесса.

Задачей проектирования является дать подробное описание процесса изготовления изделия с необходимыми технико-экономическими расчетами и обоснованием принятого варианта.

ТП разрабатывают при проектировании новых или конструкции существующих производств, а так же при выпуске новых изделий на действующем производстве.

По объекту и условиям применения различают следующие виды технологических процессов:

- единичный ТП – технологический процесс изготовления или ремонта изделий одного типа, наименования, размера и исполнения не зависимо от типа производства. Их обычно разрабатывают для оригинальных изделий, не имеющих общих конструктивно-технологических признаков с ранее изготавливаемыми на заводе изделиями;

- типовой ТП – технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками. Типовой ТП используется как информационная основа для разработки рабочего ТП или как рабочий процесс при наличии в нем всей информации для изготовления, а так же используется как база для разработки стандартов на типовой ТП;

- групповой ТП – технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками;
- стандартный ТП – технологический процесс, выполняемый по рабочей технологической и (или) конструкторской документации, применительно к конкретному оборудованию, режимам резания и технологической оснастке;
- комплексный ТП – технологический процесс включает кроме технологических операций операции перемещения, контроля и другие по ходу ТП. Данные процессы разрабатываются для автоматических линий и для гибких автоматизированных производств (ГАП);
- рабочий ТП – технологический процесс, выполняемый по рабочей технологической и (или) конструкторской документации. Процесс разрабатывается только на уровне предприятия и предназначается для изготовления или ремонта конкретного объекта производства.

Разработка ТП производится для изделий, конструкция которых отработана на технологичность.

+ТП разрабатывается на основе действующего типового или группового ТП, или поиска аналога единичного технологического процесса. ТП должен отвечать требованиям технике безопасности в соответствии со стандартами, инструкциями и другими нормативными документами. Вся исходная информация для разработки ТП подразделяется на базовую, руководящую и справочную.

Базовая информация содержится в конструкторской документации, а так же включает годовой объем выпуска изделия.

Руководящая информация содержит требования отраслевых стандартов по разработке ТП, стандарт на оборудование и оснастку, руководящие технические материалы по технологическим нормативам (режимы обработки, припуски).

Справочная информация содержит сведения, находящиеся в технологической документации опытного производства, описание прогрессивных технологических методов, каталоги, паспорта, справочники, методические указания по управлению ТП и другое.

Основные этапы проектирования технологических процессов механической обработки: анализ конструкторской документации; определение типа производства; выбор метода изготовления заготовки, выбор технологических баз; проектирование маршрута обработки заготовки; проектирование технологических операций; выбор технологической оснастки; расчет режимов обработки и технических норм времени

- Разработка ТП в общем случае включает следующие основные этапы:
- анализ исходных данных для разработки ТП;
 - выбор действующего типового и группового ТП, а при их отсутствии – поиск аналога единичного ТП;
 - выбор заготовки и методов ее получения;

- выбор технологических баз;
- разработка маршрута обработки;
- разработка операций ТП;
- нормирование ТП;
- разработка мероприятий по технике безопасности;
- экономическая оценка разработанного ТП;
- оформление технологической документации.

При анализе исходной информации изучается краткое служебное назначение изделия, рабочие чертежи, технические условия на изготовление и приемку изделия, годовой объем выпуска изделия.

При анализе изучаются назначение и функции детали в изделии, наличие в рабочем чертеже всех данных, необходимых для изготовления и контроля деталей. Производится технологический контроль конструкторской документации. Технологичность конструкции оценивается с точки зрения технологии изготовления.

Рассматривается обоснованность требований по точности и шероховатости поверхностей, выявляются возможности тех или иных изменений, не влияющих на качество детали, но упрощающих процесс ее изготовления, обеспечивая возможность применения прогрессивных методов и режимов обработки.

На этапе выбора ТП на основании конструкторской документации и технологического классификатора формируется технологический код детали с последующим ее отнесением по данному коду к действующему типовому, групповому или единичному ТП.

Выбор технологических баз является ответственным этапом разработки ТП и определяется конструктивной сложностью детали и методами ее обработки.

В зависимости от конструкции детали возможны следующие варианты базирования:

- заготовка устанавливается на необработанные поверхности (черновые базы) и при одной установке производится ее полная обработка (детали простой формы, обрабатываемые на автоматах, агрегатных станках, приспособлениях – спутниках, на станках с ЧПУ);
- детали базируются на обработанные поверхности (чистовые базы). Данные поверхности были обработаны на предшествующих операциях с базированием по черновым базам;
- базирование производится на последовательно сменяемых чистовых базах.

В зависимости от особенностей конструкции детали и условий обработки могут применяться и другие варианты базирования.

При выборе технологических баз необходимо обеспечивать принцип совмещения баз, когда погрешность базирования равна нулю, что обеспечивает повышенную точность обработки. Обеспечение принципа постоянства баз дает возможность повышения точности взаимного расположения поверхностей. Базирование может производиться с учетом удобства установки и снятия заготовки, подвода режущего инструмента.

При выборе варианта получения заготовки исходят из технологических свойств материала заготовки (литейные свойства, пластические деформации при обработке давлением), размеров и формы заготовки, требований по точности, шероховатости и качеству поверхности заготовки, годового объема выпуска и типа производства. Выбранный вариант должен обеспечивать наименьшую себестоимость изготовления готовой детали. Выбор варианта получения заготовки и его обоснование производится на основании расчета технико-экономических показателей.

Одновременно с выбором технологических баз разрабатывается маршрут обработки поверхностей заготовки. В соответствии с рабочим чертежом и выбранной заготовкой по заданному качеству точности и шероховатости детали выбирается один или несколько методов окончательной обработки детали. Решение данной задачи облегчается при использовании технологических параметров различных методов обработки. Исходя из принятой заготовки, устанавливают первоначальный метод обработки. При недостаточной точности заготовки предусматривается черновая обработка, а при высокой точности – сразу чистовая, а иногда и отделочная обработка. Зная первоначальный и конечный методы обработки, производят выбор промежуточных методов обработки, при этом каждый последующий метод точнее предыдущего при черновой обработке на 1-3 качества точности, при чистовой – на 1-2 качества точности. При обработке чугунов и цветных сплавов точность обработки повышается на один качество по сравнению с обработкой стальных заготовок в аналогичных условиях. Исходя из вышесказанного, необходимо обеспечивать требуемую точность наиболее экономичным путем.

Выбор методов обработки и количества операций устанавливается из следующих соображений:

- требования к качеству готовой детали (по точности и шероховатости);
- требования к качеству исходной заготовки;
- требуемой точности обработки каждой из поверхностей заготовки;
- количества обрабатываемых поверхностей заготовки и их взаимное расположение (соосно, на одной или нескольких сторонах);
- точности выбираемых технологических систем для окончательной обработки детали.

На основании выше изложенного необходимо выбирать такие методы обработки каждой из поверхностей заготовки, которые обеспечивают заданное качество при наименьшей себестоимости.

При выборе метода обработки желательно, чтобы все или большинство поверхностей заготовки обрабатывались бы одним методом, что позволяет совместить во времени максимальное количество переходов, сократить потребное количество оборудования, уменьшить себестоимость и трудоемкость изготовления.

Разработанный маршрут обработки дает общий план обработки поверхностей заготовки, намечает содержание операций, устанавливает тип оборудования. На основании маршрута, выбора операции и методов обработки определяются припуски и промежуточные размеры на обработку опытно-статистическим или расчетно-аналитическим методом.

При разработке операций технологического процесса уточняется их содержание, намеченное при разработке маршрута, определяется последовательность выполнения переходов, возможность их совмещения во времени, уточняется тип оборудования, инструмента, оснастки, выбираются режимы резания.

Проектирование операций может производиться по принципу концентрации или дифференциации технологических переходов. При проектировании по принципу концентрации технологический процесс состоит из небольшого количества операций, сложных по своей структуре. При данном методе сокращается потребное количество оборудования, оснастки, рабочих, сокращается цикл изготовления изделия. При проектировании по принципу дифференциации технологический процесс характеризуется большей гибкостью при переходе с обработки одного изделия на другое, характеризуется более простым оборудованием и оснасткой, сокращается цикл разработки изделия, но увеличивается межоперационное транспортирование и межоперационные заделы, увеличивается производительный цикл.

По количеству обрабатываемых заготовок схемы операций подразделяются на одноместные и многоместные, по количеству используемых инструментов – на одно- и многоинструментальные. При этом обработка заготовок и выполнение переходов может производиться последовательно, параллельно, параллельно-последовательно.

При проектировании операции разрабатывается схема наладки станка, определяются настроечные размеры, разрабатывается план размещения инструмента в суппортах и резцовых головках по переходам, предусматривается возможность одновременной работы всех инструментов; при этом необходимо предусматривать, чтобы силы резания при работе различных инструментов компенсировались.

На выбор типа оборудования оказывает влияние степень концентрации переходов. При высокой концентрации предпочтительны модели многосуппортных и многшпindelных станков с большим циклом автоматизации рабочих органов (многооперационные и комбинированные станки, станки с ЧПУ). В случае необходимости выдается задание на проектирование нового оборудования.

Выбор режущего инструмента производится по принятому методу обработки и промежуточным припускам и размерам на обработку, а так же расчетом по силе резания.

На этапе нормирования производится расчет норм времени с указанием разряда работы, определяются нормы расхода материалов.

Разработка мероприятий по технике безопасности производится на основе стандартов и инструкций.

Расчет экономической эффективности производится на основе методики экономической оценки и сравнения разработанных вариантов технологических процессов.

Разработанный технологический процесс оформляется в соответствии с требованиями ЕСТД. Разработанная технологическая документация подвергается нормоконтролю и согласованию с заинтересованными службами. Последовательность разработки ТП и их содержание определяются конкретными условиями производства в соответствии со стандартом предприятия.

Оформление технологической документации (маршрутная карта, операционная карта, карта эскизов, документы технологического контроля)

Оформление маршрутных карт (МК)

Требования к заполнению МК форм 1, 2 и 1б ГОСТ 3.1118–82 представлены в табл. 1 и на рисунке 1, 2 и 3.

Таблица 1 - Требования к заполнению маршрутных карт

Номер графы	Наименование (условное обозначение графы)	Содержание графы
1	2	3
1	–	Обозначение служебного символа и порядковый номер строки. Запись выполняют на уровне одной строки: М02, Б04
2	–	Наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта, технических условий
3	Код	Код материала по классификатору (допускается не указывать)
4	ЕВ	Код единицы величины (массы, длины и т. п.) детали, заготовки, материала по классификатору СОЕИ (допускается указывать единицы измерения величины)
5	МД	Масса детали по конструкторскому документу
6	ЕН	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени, например, 1, 10, 100
7	Н. расх.	Норма расхода материала (указывается масса материала, затрачиваемого на получение одной заготовки)
8	КИМ	Коэффициент использования материала
9	Код заготовки	Код заготовки по классификатору (допускается указывать вид заготовки: отливка, прокат, поковка и т. п.)
10	Профиль и размеры	Профиль и размеры исходной заготовки. Указание о профиле заготовки относится только к прокату, а под размерами заготовки следует понимать общие габаритные размеры исходной заготовки, например, отливка 150 × 200 × 100
11	КД	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки
12	МЗ	Масса заготовки
13	–	Графа для особых указаний
14	Цех	Номер (код) цеха, в котором выполняется операция
15	Уч.	Номер (код) участка, конвейера, поточной линии и т. д.
16	РМ	Номер (код) рабочего места
17	Опер.	Номер операции в технологической последовательности изготовления или ремонта изделия (включая контроль и перемещение) числами ряда арифметической прогрессии (5; 10; 15 и т. д.). К числам допускается добавлять нули слева (005; 010; 015 и т. д.)
18	Код, наименование	Код операции по технологическому классификатору (КТО), наименование операции (прил. Д). Наименование операции следует записывать по КТО в полной или краткой форме после кода операции с прописной буквы в нижней части строки, оставляя верхнюю часть для внесения изменений. При невозможности размещения такой информации на одной строке ее переносят на последующие. Между кодом и наименованием операции следует оставлять 3–4 знака

Продолжение табл. 1

1	2	3
19	Обозначение документа	Обозначение документов, инструкций по охране труда, то есть обозначение ОК, КЭ (и другой технологической документации) по ГОСТ 3.1201–85 (прил. А), а также обозначение инструкций по охране труда (раздел 11 и прил. Е). Состав документов следует указывать через точку с запятой с возможностью, при необходимости, переноса информации на следующие строки
20	Код, наименование оборудования	Код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования, его инвентарный номер. Допускается указывать только модель станка. Для специального оборудования следует указывать его наименование со строчной буквы
21	СМ	Степень механизации. Указываются коды степени механизации труда по ОКРБ 006–2009 (прил. Б)
22	Проф.	Код профессии по классификатору ОКРБ 006–2009 (прил. В)
23	Р	Разряд работы, необходимый для выполнения операции
24	УТ	Код условий труда по классификатору ОКРБ 006–2009 и код вида нормы. Записываются дробью, в числителе – коды формы и системы оплаты труда и условий труда, в знаменателе – код вида нормы времени (прил. Г)
25	КР	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции
26	КОИД	Количество одновременно изготавливаемых (обрабатываемых, ремонтируемых) деталей (сб. единиц) при выполнении одной операции
27	ОП	Объем производственной партии в штуках. Заполняется только для серийного производства
28	К _{шт.}	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании. При обслуживании 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 станков одним рабочим К _{шт.} соответственно равен 1,0; 0,65; 0,48; 0,39; 0,35; 0,32; 0,30
29	Т _{пз}	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию на одну деталь
30	Т _{шт.}	Норма штучного времени на операцию на одну деталь
31	Наименование деталей	Наименование деталей, сборочных единиц, материалов, применяемых при выполнении операции
32	Обозначение, код	Обозначение деталей, сборочных единиц по конструкторскому документу или материалов по классификатору
33	ОПП	Обозначение подразделения (склада, кладовой и т. п.), откуда поступают комплектующие детали
34	КИ	Количество деталей, сборочных единиц, применяемых при сборке изделия

Для изложения технологических процессов в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу соответствует свой служебный символ.

В качестве обозначения служебных символов приняты прописные буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки, например, М01, А03 и т. д.

В курсовой работе и дипломном проектировании при заполнении МК следует использовать следующие служебные символы: А, Б, К, М, О, Т, Р.

1. При операционном описании технологического процесса МК выполняет роль сводного документа, в котором указывается: адресная информация (номер цеха, участка, рабочего места, операции); наименование операции; перечень документов, применяемых при выполнении операций; технологическое оборудование и трудозатраты, то есть используются следующие служебные символы: А, Б, К, М (прил. К и Н). 2. При маршрутно-операционном описании технологического процесса МК также выполняет роль сводного документа, где операции, на которые отсутствуют ОК, описываются подробно, то есть на этих операциях дополнительно используют служебные символы О, Т и, при необходимости, Р (прил. Л). 3. При маршрутном описании технологического процесса МК является основным документом, на котором описывается весь процесс в технологической последовательности выполнения операций, то есть на всех операциях следует использовать все следующие служебные символы: А, Б, К, М, О, Т и, при необходимости, Р (прил. М и П).

2. При маршрутно-операционном описании технологического процесса МК также выполняет роль сводного документа, где операции, на которые отсутствуют ОК, описываются подробно, то есть на этих операциях дополнительно используют служебные символы О, Т и, при необходимости, Р (прил. Л). 3. При маршрутном описании технологического процесса МК является основным документом, на котором описывается весь процесс в технологической последовательности выполнения операций, то есть на всех операциях следует использовать все следующие служебные символы: А, Б, К, М, О, Т и, при необходимости, Р (прил. М и П).

ГОСТ 3.1119-82 Форма 1

Дълг																		
Взем																		
Датум																		
Кон. лист № документа					Дата													
Клещи																		
Разработчик																		
Конструктор																		
Ръководител																		
И.контр.																		
2																		
Код	СВ	МД	СН	И.вост.	КИМ	Код. зап.		Година и номер	КА	МЗ								
МЗ	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12								
А	Цех	Уд.	РН	Обед	Код. наименования операции			Базовые документация										
Б					Код. наименования оборудования	СМ	Гвоз.	Р	УГ	КР	КОМД	СМ	ОП	Кит	ТОЗ	Лит		
А 03	14	15	16	17			18	19										
Б 04	20							21	22	23	24	25	26	6	27	28	29	30
05																		
06																		
07																		
08																		
09																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
МК																		

МАШИННАЯ КАРТА

Рисунок 1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 2

Дизл.												
Взам.												
Лист.										Изм. Инст. № документа	Подпись	Дата

Разработчик																	
Конструктор																	
Рук. проекта																	
И. контр.																	
А	Шх	Уд	РН	Длер	Код. наименование операции	СМ	Лрм	Р	УГ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кут	Гла	Глт	
Б	Код. наименование обслуживания										Обозначение документа						
К/М Наименование детали, с/в. единицы или материала																	
1 А01	14	15	16	17	18	19											
Б02	20					21	22	23	24	25	26	6	27	28	29	30	
К03	31					32						33	4	6	34	7	
04																	
05																	
06																	
07																	
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
МК																	

МАШРУТНАЯ КАРТА

Рисунок 2

Информацию, обозначенную служебными символами К/М, О, Т, записывают по всей длине строки, с возможностью переноса на следующие строки (на которых допускается не проставлять служебный символ). При заполнении строк, обозначенных символами К/М, вначале следует указывать информацию о комплектующих составных частях изделия (сб. единицы), затем – о применяемых основных и вспомогательных материалах на операцию. При маршрутном и маршрутно-операционном описании (для операций, на которые отсутствуют ОК и КЭ) при заполнении информации на строках, имеющих служебный символ О, следует руководствоваться требованиями ГОСТ 3.1702–79, ГОСТ 3.1703–79; ГОСТ 3.1704–81 и ГОСТ 3.1705–81.

Последовательность записи содержания операции маршрутного описания:

– ключевое слово (точить, сверлить, собрать, проверить и т. п.); – дополнительная информация (под которой подразумевают одновременное количество обрабатываемых, собираемых, проверяемых и т. п. поверхностей деталей (элементов деталей), собираемых частей изделия, контролируемых параметров и т. п. Например, «Сверлить 4 отверстия ...»);

– наименование предметов производства, обрабатываемых поверхностей и конструктивных элементов, а также уточняющая информация (при необходимости), характеризующая вид предмета производства, обрабатываемой поверхности и т. п. Например, «Сверлить 4 сквозных отверстия ...»; «Фрезеровать фасонную поверхность ...»);

– условное обозначение поверхностей, конструктивных элементов и указание параметров. Под условными обозначениями следует понимать соответствующие обозначения, применяемые в целях исключения текстовой записи. Например, \varnothing – диаметр; L – длина; B – ширина; r – радиус; У – угол. Указание такой информации рекомендуется выполнять с дополнительным словом «выдерживая». Например, «Точить поверхности, выдерживая $\varnothing 20-0,21$; $\varnothing 42-0,25$; $\lambda = 7 \pm 2$; $\lambda = 12 \pm 0,2...$ », «Строгать уклон, выдерживая $<45^\circ ...$ ».

Оформление операционных карт механической обработки при применении универсального оборудования

Графы ОК форм 2, 3 по ГОСТ 3.1404–86 следует заполнять в соответствии с таблицей 2 и рисунками 4 и 5. Описание содержания операции, технологической оснастки, режимов обработки выполняется построчно, в порядке описания информации с привязкой соответственно к служебным символам О, Т, Р. При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ О, следует руководствоваться требованиями ГОСТ 3.1702–79. Следует записывать информацию в технологической последовательности по всей длине строки с возможностью, при необходимости, переноса информации на последующие строки (на которых допускается не проставлять служебный символ).

Таблица 2 - Требования к оформлению операционных карт

Но- мер гра- фы	Наименование (условное обозначение графы)	Содержание графы
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1	–	Обозначение служебного символа и порядковый номер строки (заполняется в одну отроку)
2	ЕВ	Код единицы величины (массы, длины и т. п.) детали, заготовки, материала по классификатору СОЕИ. Допускается указывать единицы измерения величины
3	МД	Масса детали по конструкторскому документу
4	Профиль и размеры	Профиль и размеры исходной заготовки (длина, ширина, высота), например, 50 × 170 × 250. Указание о профиле заготовки относится только к прокату
5	МЗ	Масса заготовки
6	КОИД	Количество одновременно обрабатываемых деталей
7	$T_{\text{п}}$	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию
8	$T_{\text{шт.}}$	Норма штучного времени на операцию
9	–	Особые указания
10	ПИ	Номер позиции инструментальной наладки (графу следует заполнять для станков с ЧПУ)
11	Д или <i>B</i>	Расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали. При определении диаметра обрабатываемого элемента учитывают его наибольший размер, по которому рассчитывают скорость резания. Для станков с вращательным движением обрабатываемой детали при обточке указывают исходный диаметр заготовки или диаметр, полученный на предыдущем переходе; при расточке отверстий приводят диаметр получаемого отверстия. При обработке вращающимся инструментом (сверлом, фрезой и др.) указывают диаметр инструмента; при обработке на станках с поступательным движением стола или инструмента – длину хода для определения числа двойных ходов при назначении скорости резания
12	<i>L</i>	Расчетный размер длины рабочего хода, учитываемый при нормировании. Указывается длина рабочего хода инструмента в направлении длины обработки с учетом врезания и перебега. При обработке точением, фрезерованием, сверлением, растачиванием, шлифованием и т. п. длина хода определяется в направлении подачи. При обработке на станках с поступательным движением стола или инструмента длину хода указывают для определения числа двойных ходов при назначении скорости резания

Продолжение таблицы 2

1	2	3
13	t	Глубина резания, соответствующая данному переходу. Следует помнить, это глубина резания равна припуску только в случае снятия припуска в один проход. Так, при врезном шлифовании глубина резания равна поперечной подаче на один оборот детали; при продольном наружном круглом шлифовании и внутреннем шлифовании глубина резания будет равна подаче на один ход или на один двойной ход
14	i	Число проходов, то есть количество рабочих ходов, необходимое для снятия припуска в данном переходе
15	S	Подача, указывается в зависимости от вида обработки и типа станка: для токарных работ – на один оборот шпинделя; для строгальных – на один двойной ход стола или резца; для сверлильных, расточных, резьбонарезных и других работ по обработке отверстий с вращением инструмента – на один оборот шпинделя. При фрезеровании указывается подача на один зуб фрезы и минутная подача изделия. При фрезеровании шпоночных пазов (маятниковой подачей) двуперыми фрезами дробью указывают вертикальную и продольную подачи: в числителе – вертикальную на двойной ход, в знаменателе – продольную в минуту. Для зубодолбежных станков в числителе указывают радиальную подачу на один двойной ход долбяка (подача врезания), в знаменателе – круговую на двойной ход долбяка (подача обкатки); для зубофрезерных станков, работающих червячными фрезами, при нарезании цилиндрических зубчатых колес (с прямыми и спиральными зубьями) – подачу фрезы на один оборот заготовки. При нарезании червячных колес методом радиальной подачи указывается радиальная подача стола на один его оборот, а при нарезании методом тангенциальной подачи – осевая подача фрезы. При круглом шлифовании методом продольной подачи

Продолжение таблицы 2

1	2	3
15	S	и внутреннем шлифовании отверстий подачу обозначают дробью: в числителе – продольную на один оборот детали, в знаменателе – поперечную на один двойной ход стола. При шлифовании методом врезания дается только поперечная подача на один оборот детали. Плоское шлифование торцом круга (для станков с круглым и прямоугольным столом) включает вертикальную подачу на один оборот или двойной ход стола
16	n	Число оборотов шпинделя, мин ⁻¹
17	V	Скорость резания, м/мин. Рассчитывая скорость резания, поступают так же, как и при определении геометрических параметров обрабатываемой поверхности. При расчете всегда принимается во внимание наибольший диаметр обрабатываемой поверхности или инструмента в зависимости от того, что является элементом, определяющим скорость резания. Для шлифовальных работ вносят скорость вращения обрабатываемой детали (м/мин).
18	Наименование операции	Наименование операции заполняется по классификатору технологических операций в машиностроении и приборостроении (прил. Д)
19	Материал	Краткая форма записи наименования и марки материала в соответствии с ГОСТ 3.1129–93
20	Твердость	Твердость материала заготовки, поступившей для обработки, то есть после предыдущей операции
21	Оборудование	Краткое наименование или модель оборудования
22	Обозначение программы	Обозначение программы (для станков с ЧПУ)
23	T _o	Норма основного времени (подсчитывается как сумма по всем технологическим переходам)
24	T _в	Норма вспомогательного времени (подсчитывается так же, как сумма по всем технологическим переходам)
25	СОЖ	Информация по применяемой смазочно-охлаждающей жидкости

На уровне последней строки, где заканчивается описание содержания перехода, в столбце *n* указывается основное время на переход T_0 , а в столбце *V* – вспомогательное время на переход T_v . Установы нумеруют прописными буквами русского алфавита (А, Б, В и т. д.), а обозначения позиций – арабскими цифрами (1, 2, 3 и т. д.). Номер перехода следует указывать арабскими цифрами перед его содержанием в одной строке числами натурального ряда (1, 2, 3, 4 и т. д.). После указания номера перехода ставится точка. Начало записи содержания перехода начинают с прописной буквы.

В содержание перехода должно быть включено: - ключевое слово, характеризующее метод обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме (обязательное прил. 3 к ГОСТ 3.1702–79). Например, точить, сверлить, фрезеровать, нарезать и др.; - наименование обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов или предметов производства (прил. 5 к ГОСТ 3.1702–79). Например, поверхность, отверстие, канавку, контур и др.; - информация по *у* В содержание перехода должно быть включено: - ключевое слово, характеризующее метод обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме (обязательное прил. 3 к ГОСТ 3.1702–79). Например, точить, сверлить, фрезеровать, нарезать и др.; - наименование обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов или предметов производства (прил. 5 к ГОСТ 3.1702–79). Например, поверхность, отверстие, канавку, контур и др.; - информация по условным обозначениям размеров или конструктивных элементов (прил. 6 к ГОСТ 3.1702–79). Например, 1, 2, 3 и др. Допускается применять полную или сокращенную форму записи содержания перехода. При применении полной формы записи содержания перехода все размеры, получаемые на данной операции (установе, позиции), на эскизе нумеруют арабскими цифрами и обводят их знаком окружности диаметром 6–8 мм, а в содержании перехода указывают условное обозначение получаемых размеров (прил. 7 к ГОСТ 3.1702–79 или прил. Р и С к данной работе). словным обозначениям размеров или конструктивных элементов (прил. 6 к ГОСТ 3.1702–79). Например, 1, 2, 3 и др. Допускается применять полную или сокращенную форму записи содержания перехода. При применении полной формы записи содержания перехода все размеры, получаемые на данной операции (установе, позиции), на эскизе нумеруют арабскими цифрами и обводят их знаком окружности диаметром 6–8 мм, а в содержании перехода указывают условное обозначение получаемых размеров (прил. 7 к ГОСТ 3.1702–79).

Оформление операционных карт технического контроля

Требования к заполнению ОК технического контроля форм 2, 2а по ГОСТ 3.1502-85 приведены в табл. 3 и на рис. 5 и 6.

Таблица 3 - Требования к оформлению операционных карт технического контроля

Номер графы	Наименование (условное обозначение графы)	Содержание графы
1	2	3
1	–	Обозначение служебного символа и порядковый номер строки. Например, М25, Б02
2	T_o	Суммарное основное время на операцию
3	T_v	Суммарное вспомогательное время на операцию
4	Контролируемые параметры	Параметры, по которым идет контроль
5	Код средств ТО	Код, обозначение средства технологического оснащения (ТО) по технологическому классификатору. Допускается указывать условное обозначение по действующим стандартам, а для нестандартного писать «специальный»
6	Наименование средств ТО	Краткое наименование средств технологического оснащения по соответствующему стандарту
7	Объем и ПК	Объем контроля в шт. (%) и периодичность контроля (ПК) в час, смену и т. д. (прил. Ж)
8	T_o/T_v	Основное или вспомогательное время на переход
9	–	Резервная графа. Заполняется по усмотрению разработчика
10	Наименование операции	Наименование операции (контроль)
11	Наименование, марка материала	Краткая форма записи наименования марки материала (для сборочных единиц графа не заполняется)
12	МД	Масса контролируемой детали (сборочной единицы, изделия) по конструкторской документации
13	Наименование оборудования	Код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования, его инвентарный номер. Взамен краткого наименования оборудования допускается указывать его модель, не указывать инвентарный номер
14	Обозначение ИОТ	Обозначение инструкции по охране труда

Для описания операций и переходов технического контроля используется способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк с применением служебных символов М, А, Б, О, Т, Р по ГОСТ 3.1118–82.

При проектировании ОК отдельных видов контроля графы строки со служебным символом Р следует изменить в соответствии с конкретными режимами данного вида контроля (рекомендуемое прил. 3 к ГОСТ 3.1502–85).

При описании операций технического контроля применяют полную или краткую форму записи содержания переходов. Полную форму записи выполняют на всю длину строки с включением граф «Объем и ПК» и «То/Тв» с возможностью переноса информации на последующие строки.

Полную форму записи применяют для описания переходов, не содержащих данных, выраженных числовыми значениями. Например, «Проверить герметичность соединения деталей 1, 2 и 3».

Данные по применяемым средствам измерений всегда записывают с новой строки.

Краткую форму записи применяют только при проверке контролируемых размеров и других данных, выраженных числовыми значениями. В этом случае текстовую запись применять не следует, а необходимо указывать только соответствующие параметры, например, $\varnothing 50-0,05$.

ГОСТ 3.1502-85. Форма 2.

Дубл.	Взам.	Подп.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
												1	
Разраб.													
Консул.													
Рук. пр.													
Н. контр.													
Наименование операции								Наименование, марка, материал					МД
18								19					20
Наименование оборудования								То	Тб	Обозначение ИОТ			
21								10	11	17			22
Р	Контролируемые параметры		Код средств ТО		Наименование средств ТО		То/Тб	То/Тб					
1	01	12	13	14	15	16							
02													
03													
04													
05													
06													
07													
08													
09													
10													
11													
12													
13													
ОК	Операционная карта технического контроля												

Рисунок 5

		ГОСТ 3.1502-85 Форма 2а					
Дубл.							
Взам.							
Логн.							
		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм. Лист	№ докум.
							Подп.
							Дата
Р	Контролируемые параметры	Код средств ТО	Наименования средств ТО			объем и ПК	To/Тв
101	12	13	14			15	16
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							
09							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
ок	Операционная карта технического контроля						

Рисунок 6

Контролируемые параметры заполняют в следующей последовательности: – внешний осмотр детали для определения отсутствия трещин, закатов и других дефектов заготовки, отсутствия заусенцев и острых кромок, наличия фасок, радиусов и т. д., наличия клейма ОТК на операции промежуточного контроля, а также выполнения всех операций технологического процесса; – оценка шероховатости обработанных поверхностей детали (шероховатость от Ra 12,5 до Ra 1,6 необходимо проверять методом визуального сравнения с образцами шероховатости, от Ra 0,8 и ниже – профилометром); – контроль правильности выполнения размеров и технических требований. Особые указания к отдельным контролируемым параметрам или размерам следует выполнять после записи соответствующих данных с новой строки по всей длине с возможностью переноса информации на последующие строки. Данные по применяемым средствам технологического оснащения записывают исходя из их возможностей, то есть к каждому контролируемому размеру (параметру) или к группе контролируемых размеров (параметров). При необходимости графических изображений к ОК технического контроля их следует выполнять на формах 7 и 7а КЭ по ГОСТ 3.1105–2011.

Оформление карты эскизов

Операционный эскиз, изображенный на карте эскизов (форма 7 и 7а ГОСТ 3.1105–2011) или на специально отведенном месте ОК механической обработки (форма 2 ГОСТ 3.1404–86), является графическим технологическим документом, который по своему назначению и содержанию заменяет рабочему, выполняющему данную операцию, рабочий чертеж детали.

Эскизы выполняют на операции, позиции, установы.

Если обработка производится в один переход одним инструментом, то режущий инструмент на эскизе допускается не указывать. При многоинструментальной, многопозиционной или многопереходной обработке по наладке на эскизах требуется изображать режущий инструмент в его конечном рабочем положении. Эскиз выполняют с соблюдением масштаба или без его соблюдения, но с примерным соблюдением пропорций.

Эскизы следует выполнять с применением средств автоматизации, средств механизации, чертежного инструмента, а также от руки (карандашом или тушью черного цвета).

При выполнении эскизов с применением средств автоматизации (на графических устройствах ЭВМ) допускается:

- линии обрыва и линии разграничения вида и разреза выполнять сплошной тонкой линией с изломами;
- при выполнении линий, включающих символ «точка», заменять этот символ чертой;
- толщина сплошной тонкой и волнистой, штриховой и штрихпунктирной линий должна быть от $S/3$ до $S/2$.

Главная проекция изделия на эскизе должна быть выполнена в рабочем положении изделия на операции. Число дополнительных проекций, сечений, разрезов должно быть достаточным, чтобы показать все поверхности и их размеры, которые должны быть обработаны и получены на данной операции.

Изображения изделия на эскизе должны содержать размеры и их предельные отклонения; обозначение шероховатости; обозначение баз, опор, зажимов и установочно-зажимных устройств, необходимых для выполнения операции, на которую разработан эскиз; допуски формы и расположения поверхностей; таблицы и технические требования к эскизам (при необходимости); обозначение составных частей изделия (для процессов и операций сборки, разборки).

Размеры и предельные отклонения наносят на изображения по ГОСТ 2.307–2011 и 2.308–2011 только в виде числовых значений; обозначение шероховатости обрабатываемых поверхностей изделия – по ГОСТ 2.309–73. Предпочтительно применение параметра Ra из ряда 100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4; 0,2; 0,1; 0,05; 0,025 – по ГОСТ 2789-73. Обозначение опор, зажимов и установочнозажимных устройств выполняют по ГОСТ 3.1107–81. Обрабатываемые поверхности изделия на эскизе обводят линией толщиной 2S по ГОСТ 2.303–68, где S – толщина основных линий на эскизе.

При симметричном расположении поля допуска знаки верхнего и нижнего отклонений могут быть указаны на эскизе в общую строку после записи размера с заключением в скобки, например, 40(+–0,2).

Указание для двухсторонних предельных отклонений допускается выполнять не в виде дроби, а в общую строку с заключением в скобки и разделением через точку с запятой, например, 12(–0,032; –0,059).

На операционных эскизах все получаемые размеры или обрабатываемые конструктивные элементы (в зависимости от принятой формы записи содержания перехода) условно нумеруют арабскими цифрами. Номер размера или конструктивного элемента проставляют в окружности диаметром 6–8 мм и соединяют с размерной или выносной линией. Если эскиз изделия выполнен в нескольких проекциях, сечениях, разрезах, то размеры или конструктивные элементы нумеруют по направлению движения часовой стрелки, начиная с левой верхней части эскиза, вначале на каждой из проекций в отдельности, а затем в определенной последовательности на имеющихся разрезах, сечениях и выносных элементах. Нумерация должна быть сквозной в пределах операции. Для наглядности обозначения размеров или конструктивных элементов ее следует выполнять на одной линии или по периметру зоны, в которой помещен эскиз.

На эскизах к ОК технического контроля не нужно нумеровать контролируемые размеры или конструктивные элементы.

По требованию 1.6 ГОСТ 307–2011 «Размеры обеспечиваются инструментом» на эскизе надпись выполнять не следует, так как необходимую информацию (модель и тип оборудования, обозначение управляющей программы, гидросуппорта, копира и т. п.) приводят в соответствующем документе на операцию.

При указании справочных размеров на эскизе достаточно отметить их знаком «*» без приведения текстовой записи «Размеры (размер) для справок (справки)».

При необходимости в зонах для эскизов помещают таблицы и соответствующие технические требования (на первых и последующих листах КЭ). Построение таблиц выполняют от нижней части зоны документа, выдерживая шаг строки, равный 8,5 мм, и оставляя место необходимых размеров для заголовков и подзаголовков. Ширину заголовков и подзаголовков таблиц следует выбирать из расчета оптимального размещения вносимой информации. Технические требования к операциям располагают в правой или нижней части зоны КЭ, а при наличии таблиц – над ними.

К особенностям оформления карт эскизов для типовых и групповых операций относится необходимость разграничения информации (размеры, предельные отклонения, шероховатость поверхности и др.) на постоянную и переменную.

Постоянные данные указывают непосредственно на эскизе, а переменные – в таблице.

Переменные данные на размеры на размерных линиях не проставляются.

По аналогии с правилами выполнения эскизов для обрабатываемых деталей все графические изображения для процессов сборки должны быть выполнены в рабочем положении изделий (их составных частей), то есть так, как зафиксировано при описании операций. Взамен обозначения и наименования составных частей изделий, материалов и т. п. следует указывать только номера их позиций.

Позиции следует оформлять с применением выносной линии и полки. Нумеровать их следует произвольно для каждого эскиза от 1 до n с возрастанием в направлении по часовой стрелке, начиная сверху. Линией толщиной 2S необходимо выделять только границы сопряжений деталей для операций пайки и склеивания.

При выполнении эскизов к операциям покрытий, термической и других видов обработки указывают место покрытия (обработки и т. п.) с обведением обрабатываемых поверхностей линиями толщиной 2S.

Тема 1.12. Технология сборочных процессов

1. Требования, предъявляемые к сборочным единицам.
2. Техническая документация процесса сборки. Методы сборки.
3. Балансировка деталей, узлов и агрегатов.
4. Технический контроль и испытания машин после сборки.

5. Окраска и сушка деталей, узлов и машин.
6. Технология консервации, упаковки и отгрузки узлов, агрегатов и машин.

Требования, предъявляемые к сборочным единицам

К конструкциям сборочных единиц предъявляются требования легкой сборки и разборки, легкой замены относительно быстро изнашивающихся частей и т. д.

Сборочные единицы собирают на отдельных участках сборочного цеха. В технической документации на сборочную единицу или на деталь оговариваются специальные эксплуатационные требования и требования по соблюдению монтажных размеров или зазоров и натягов. Например, при сборке натяжного ролика необходимо выполнить следующие технические условия, указанные на чертеже: осевой люфт должен быть не более 0,5 мм; ролик должен свободно вращаться от слабого усилия руки.

Собранные и принятые сборочные единицы отправляют на общую сборку или на склад готовых деталей и сборочных единиц.

Балансировка деталей, узлов и агрегатов

Балансировка - это определение величины и места и устранение дисбаланса, то есть неуравновешенности быстровращающихся деталей и сборочных единиц, возникающей вследствие неоднородности материала, погрешностей изготовления и сборки и вызывающей дополнительные напряжения в деталях, вибрации, снижение точности и ресурса машины.

+ Различают неуравновешенности статическую и динамическую. В первом случае центр тяжести детали или узла не совпадает с осью вращения, что характерно для деталей, у которых диаметр больше длины.

Динамическая неуравновешенность характерна для деталей или узлов, длина которых значительно больше диаметра. При их вращении неуравновешенные массы будут находиться в разных плоскостях, перпендикулярных оси, - что приводит к возникновению пары центробежных сил, вызывающих вибрации и динамические нагрузки в машине.

К неуравновешенности приводят также: неточность обработки деталей при их восстановлении из-за возможного смещения осей посадок, отступление от конструкторских баз, неравномерное распределение толщины наращенного слоя на поверхности изношенной детали, некачественная сборка и т.д.

Неуравновешенность - это состояние, характеризующее такое распределение масс, которое вызывает переменные нагрузки на опоры вращающихся деталей. Возникающие вследствие этого вибрации приводят к ускоренному изнашиванию сопряжений и снижению полезной мощности машин, способствуют быстрой утомляемости операторов.

Неуравновешенность вращающихся деталей машин и оборудования устраняют их балансировкой. К деталям, требующим балансировки, относят: коленчатые валы двигателей, роторы турбокомпрессоров, лопасти вентиляторов, маховики, колеса, барабаны центрифуг, карданные валы и т. д.

При изготовлении машин и в ремонтно-обслуживающем производстве для устранения неуравновешенности деталей применяют два вида балансировки: статическую и динамическую.

Статическое балансирование проводят без вращения тел, устанавливая их в вертикальной плоскости и находя для них положение безразличного равновесия.

Принципиальное решение задачи статического балансирования достаточно легко реализуется на практике. Вал диска укладывают на длинные горизонтально расположенные призмы или ролики с малым сопротивлением от трения в опорах. При этом облегченную часть диска располагают сверху. Удаляя часть материала с нижней стороны диска (высверливанием или опиловкой), добиваются такого положения диска, при котором после поворота его на любой угол он оставался бы неподвижным (т.е. был бы в состоянии равновесия). Статическую балансировку выполняют на стендах с призмами или роликами.

Динамическое балансирование характеризуют вращением деталей и сборочных единиц, имеющих большую длину относительно диаметра.

Для проверки динамической уравновешенности узла применяются специальные балансировочные станки. При вращении динамически неуравновешенной детали возникают нагрузки на ее опоры. Если эти опоры сделать подвижными в плоскости, перпендикулярной к оси вращения балансировочного узла, то они начнут вибрировать при вращении узла. По амплитуде колебания опор представляется возможность судить о величине дисбаланса узла.

В настоящее время наибольшее распространение получают станки для динамической балансировки, в которых колебания опор узла преобразуются в электрические импульсы.

Динамической балансировке подлежат все коленчатые валы весом не выше 100 кг. Балансировку коленчатого вала необходимо производить совместно с маховиком, так как наибольшую величину дисбаланса создают сопряжение коленчатый вал – маховик.

Балансируемый вал на станке укладывают на упругие опоры, а для оценки неуравновешенности используют электрические сигналы от двух преобразователей, установленных в опорных точках. Поочередно опоры не фиксируют.

Положение плоскостей, в которых размещены неуравновешенные массы, определяют преобразованием электрических сигналов и подачей их на статор, установленный в цепи генератора. Дисбаланс устраняют высверливанием отверстий в противовесах.

Технический контроль и испытания машин после сборки

Обкатка и испытание – завершающие операции в технологическом процессе изготовления и ремонта машин, определяющие эффективность их работы при последующей эксплуатации.

Основные задачи, решаемые в процессе обкатки и испытания:

- подготовка сборочных единиц к восприятию эксплуатационных нагрузок,
- - выявление возможных дефектов, связанных с качеством изготовления и восстановления деталей и сборочных работ,
- - проверка основных характеристик в соответствии с требованиями нормативной документации.

Цель обкатки – приработка трущихся поверхностей.

Приработка – изменение геометрии поверхности трения и физико-механических свойств поверхностных слоев материала в начальный период трения, проявляющееся при постоянных внешних условиях в уменьшении силы трения, температуры и интенсивности изнашивания.

Под геометрией поверхности трения понимают совокупность показателей, характеризующих как шероховатость, т.е. величину и форму выступов и впадин, образовавшихся в процессе механической обработки, так и отклонения от правильной геометрической формы (овальность, конусность и т.д.).

Под физико-механическими свойствами поверхности понимают совокупность таких характеристик, как твердость, пластичность, структура, коэффициент трения, наличие внутренних напряжений в поверхностном слое.

В процессе приработки при взаимном первичном изнашивании улучшается качество поверхностей трения, достигаются требуемая шероховатость и износостойкость поверхностных слоев прирабатываемых материалов и, как следствие, улучшаются основные эксплуатационные параметры сборочных единиц.

Окраска и сушка деталей, узлов и машин

Лакокрасочные материалы представляют собой многокомпонентные составы, которые при нанесении их тонким слоем (30...100 мкм) на поверхность изделия образуют лакокрасочное покрытие, защищающее его от коррозии и придающее ему красивый внешний вид.

Качество лакокрасочных покрытий определяется их механическими, химическими адгезионными свойствами и самой технологией процесса окраски.

К основным компонентам таких материалов относят пленкообразующие вещества, растворители и пигменты. Кроме того, в их состав могут входить пластификаторы, сиккативы, наполнители и разбавители.

Пленкообразующие вещества способствуют склеиванию частиц пигментов и наполнителей и созданию тонкой пленки, прочно удерживающейся на поверхности изделия. К ним относят: олифы, природные и синтетические смолы, битумы, асфальтены и эфиры.

Растворители – жидкости, применяемые для разведения лакокрасочных материалов до состояния, пригодного для нанесения на поверхность изделия. К ним относятся уайт-спирит, сольвент, бензол, толуол, ксилол, ацетон, спирт, бензин, а также многокомпонентные растворители, представляющие собой смесь отдельных растворителей с преобладающим содержанием одного из них.

Пигменты – это тонкоизмельченные цветные неорганические вещества, нерастворимые в воде, растворителях и пленкообразующих веществах и способные создавать с пленкообразующими веществами лакокрасочные покрытия. Их вводят в лакокрасочные материалы для придания им определенного цвета, повышения прочности и адгезии лакокрасочного покрытия.

Пластификаторы – вещества, вводимые в лакокрасочные материалы для повышения эластичности покрытий. Для пластификации пленкообразующих веществ, приготовленных на синтетических смолах, используют дибутилфталат, диметилфталатидиэтилфталат.

Сиккативы – вещества, ускоряющие процесс высыхания лакокрасочного покрытия.

Наполнители – порошкообразные неорганические вещества (мел, баритовый концентрат, каолин, белила и др.), нерастворимые в воде, растворителях и пленкообразующих веществах и добавляемые в лакокрасочные материалы для увеличения прочности и удешевления стоимости покрытий.

Разбавители вещества, применяемые для разжижения лакокрасочных материалов, загустевших в период хранения, а также для их доведения до необходимой вязкости.

К основным видам готовых лакокрасочных материалов относятся: лак, краска, порошковая краска, эмаль, грунтовка, шпатлевка и полуфабрикатный лак.

Способ подготовки поверхности перед окраской выбирают в зависимости от сложности поверхности, размеров и материала изделий, условий эксплуатации, программы предприятия, степени и характера загрязнений, экономической целесообразности и других факторов. В ремонтном производстве наиболее часто предварительно поверхности деталей обезжиривают щелочными растворами, органическими растворителями и пароструйным способом.

Грунтование. Эту операцию следует проводить в возможно более короткий срок после подготовки поверхности к нанесению лакокрасочного покрытия. На подготовленную поверхность изделия наносят первый слой лакокрасочного покрытия – грунтовку, которая служит основой покрытия. Она предназначена для создания прочного антикоррозионного слоя, имеющего высокую сцепляемость с металлом и последующими слоями лакокрасочного покрытия.

Шпатлевание. Эта операция предназначена для сглаживания шероховатостей и незначительных неровностей на окрашиваемой поверхности. Шпатлевка представляет собой густую пастообразную массу. Она состоит из пигментов и наполнителей, затертых на различных лаках.

Для получения декоративных покрытий выполняют многослойную окраску, уделяя особое внимание отделочным работам. На кузова легковых автомобилей наносят до шести слоев нитроэмали или до трех слоев синтетической эмали. Каждый последующий слой наносят на хорошо просушенный нижележащий слой, что не выполняют при окраске синтетическими и некоторыми другими эмалями.

Наружные слои лакокрасочных покрытий часто наносят воздушным или безвоздушным распылением и в электростатическом поле.

По принципу подачи краски распылители делят на две группы: с подачей краски от красконагнетательного бака и с ее подачей самотеком из прикрепленного сверху стакана. Вторую группу применяют при небольших объемах работ. Все более широкое распространение находит безвоздушный способ распыления лакокрасочного материала под высоким давлением. Лакокрасочный материал из бачка подается насосом к краскораспылителю.

Технология консервации, упаковки и отгрузки узлов, агрегатов и машин

Раздел II. Основы ремонта строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования

Тема 2.1. Общие сведения об износе деталей

Работоспособность и изнашивание машин

В соответствии с ГОСТ 23.002–78 изнашиванием называют процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела и (или) накопления его остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и (или) формы тела. Основными количественными характеристиками изнашивания являются: износ, скорость изнашивания, интенсивность изнашивания.

Износ – результат изнашивания, определяемый в установленных единицах. Износ (абсолютный или относительный) характеризует изменение геометрических размеров (линейный износ), массы (весовой износ) или объема (объемный износ) детали вследствие изнашивания и измеряется в соответствующих единицах. Различают предельный и допустимый износ. Предельным называют износ, соответствующий предельному состоянию изнашивающегося изделия или его составной части. Допустимым называют износ, при котором изделие сохраняет работоспособность. Допустимый износ

всегда по абсолютной величине меньше предельного и соответствует предотказному состоянию объекта.

Скорость изнашивания $v_{и}$ (м/ч, г/ч, м³/ч) – отношение износа I к интервалу времени T , в течение которого он возник:

$$v_{и} = I/T.$$

Интенсивность J изнашивания – отношение износа к обусловленному пути L , на котором происходило изнашивание, или объему выполненной работы:

$$J = I/L.$$

При линейном износе интенсивность изнашивания является безразмерной величиной, а при весовом – измеряется в единицах массы, отнесенной к единице пути трения.

Свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения характеризуется износостойкостью – величиной, обратной скорости изнашивания или интенсивности изнашивания, в соответствующих единицах.

В процессе работы машины показатели изнашивания деталей и сопряжений не сохраняют постоянных значений. Изменения износа деталей во времени в общем случае можно представить в виде модели, предложенной В.Ф. Лоренцом (рис. 1). В начальный период работы, называемый периодом приработки, наблюдается довольно быстрый износ деталей (участок I).

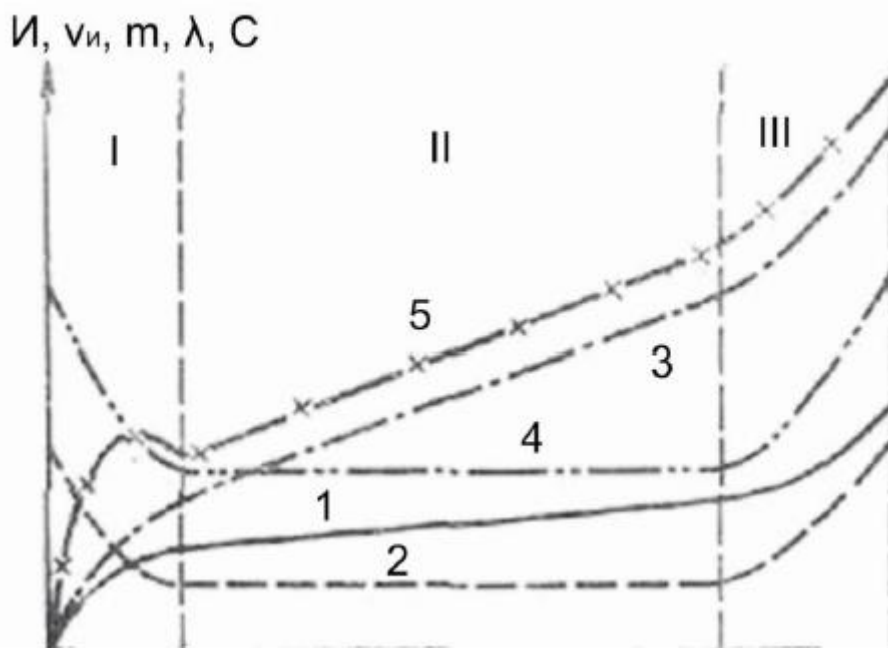


Рисунок 1 - Изменения параметров сопряжения в процессе работы: 1 – износа I ; 2 – скорости $v_{и}$ изнашивания; 3 – частоты m отказов; 4 – интенсивности λ отказов; 5 – затрат C на поддержание работоспособности

Приработкой называют процесс изменения геометрии поверхностей трения и физико-химических свойств поверхностных слоев материала в

начальный период трения, обычно проявляющийся при постоянных внешних условиях в уменьшении силы трения, температуры и интенсивности изнашивания. Процесс приработки характеризуется интенсивным отделением с поверхностей трения продуктов износа, повышенным тепловыделением и изменением микрогеометрии поверхностей.

Повышение температуры поверхностей трения вызывает изменение физико-механических свойств поверхностных слоев материала. Изменение структуры и свойств металлов в поверхностных слоях деталей происходит также вследствие наклепа, вызванного пластическими деформациями микрообъемов материала рабочей поверхности в процессе приработки. Интенсивное разрушение выступов, обладающих наименьшей прочностью, образование новых неровностей, отличных по форме и размерам от исходных, а также изменение формы остальных, ранее существовавших неровностей в процессе приработки ведет к изменению микрогеометрии поверхности.

Экспериментально установлено, что в разных условиях и различных парах трения после приработки всегда устанавливается одинаковая, так называемая «равновесная» шероховатость, характерная для определенных материалов. Равновесная шероховатость воспроизводится в процессе изнашивания поверхностей и остается в среднем постоянной. Исходная микрогеометрия поверхностей трения не оказывает влияния на равновесную шероховатость.

В процессе приработки высоты неровностей при большой начальной шероховатости ($Rz=3-5$ мкм) уменьшаются вследствие механического взаимодействия поверхностей. При этом наблюдаются микрорезание и пластическая деформация материала на рабочих поверхностях деталей сопряжения.

При правильном выборе соотношения твердостей деталей и режимов приработки довольно быстро наступает период так называемого нормального или установившегося изнашивания (см. рис. 1, участок II). Этот период характеризуется небольшой, примерно постоянной, интенсивностью изнашивания и продолжается до тех пор, пока изменения размеров или формы деталей не повлияют на условия их работы, или до наступления предела усталости материала.

Накопление изменений геометрических размеров и физико-механических свойств деталей ведет к ухудшению условий работы сопряжения. Основным фактором при этом является повышение динамических нагрузок вследствие увеличения зазоров в трущихся парах. В результате наступает период катастрофического или прогрессивного изнашивания (см. рис. 1, участок III). Описанная закономерность является условной и служит лишь иллюстрацией процесса изнашивания элементов машин.

Тема 2.2. Виды ремонта СДМ и ПТМ. Производственная база для их ремонта

1. Понятие и характеристика основных видов ремонта машин. Методы их ремонта. Понятие о техническом сервисе.

Понятие и характеристика основных видов ремонта машин. Методы их ремонта. Понятие о техническом сервисе

Объем ремонтных воздействий зависит от степени старения (изнашивания) или повреждения машины (агрегата). Исходя из этого *ремонт* – совокупность технологических воздействий на изделие (машину или сборочную единицу) с целью восстановления ее эксплуатационных свойств до нормативного уровня.

Различают несколько видов ремонта. *Текущий ремонт* – совокупность технологических воздействий на изделие с целью восстановления одного или некоторой группы его эксплуатационных свойств до нормативного уровня.

Плановый текущий ремонт – совокупность технологических воздействий на изделие, проводимых в зависимости от установленной регламентом завода-изготовителя плановой наработки с целью восстановления одного или некоторой группы его эксплуатационных свойств до нормативного уровня.

Явочный текущий ремонт – совокупность технологических воздействий на изделие, проводимых с целью устранения или предупреждения случайного отказа.

Капитальный ремонт – совокупность технологических воздействий на изделие, проводимых с целью восстановления всех его эксплуатационных свойств, включая ресурс, до нормативного уровня.

Восстановительный ремонт – вторичное производство изделия, т.е. изготовление методами ремонта машин или сборочных единиц, у которых показатели свойств отличаются от показателей свойств аналогичных изделий, изготавливаемых на предприятии основного производства (первичного), на допустимое значение.

Текущий ремонт машины восстанавливает или обеспечивает ее работоспособность после замены или восстановления изношенных (неисправных) деталей, узлов или агрегатов. При замене элементов машины выполняются необходимые ремонтные работы (регулирующие, слесарно-механические, сварочные и др.). Этот вид ремонта предусматривает замену лишь одного основного агрегата (механизма), кроме рамы и кузова для автомобилей, рамы и корпуса гусеничного трактора.

Текущий ремонт агрегатов заключается в частичной разборке, дефектации деталей и узлов, замене (ремонте) неисправных элементов и в проведении необходимых сопутствующих ремонтных работ.

Средний ремонт производится для тяжелых и большегрузных машин с целью частичного восстановления ресурса после замены или ремонта изношенных (неисправных) агрегатов и узлов.

Средний ремонт предусматривает оценку технического состояния всех агрегатов и механизмов, выполнение сопутствующих ремонтных работ. Как показывает статистика, этот вид ремонта проводится после выработки 60% ресурса машины.

Капитальный ремонт проводится с целью восстановления в полном объеме ресурса новой машины (ресурса до первого капитального ремонта). При этом виде ремонта машину полностью разбирают, заменяют новыми или ремонтируют все ее агрегаты, механизмы и узлы, восстанавливают или заменяют изношенные (поврежденные) детали с использованием различных способов устранения дефектов. Все ремонтные работы выполняют в соответствии с требованиями технических условий.

Испытания машин или агрегатов после капитального ремонта проводят по тем же программам и методикам, которые применяются при оценке качества новых изделий.

Кроме рассмотренных видов ремонта, на стадии эксплуатации жизненного цикла машины (агрегата) могут выполняться ремонт по техническому состоянию, гарантийный и профилактический ремонты. Первый из них проводится по результатам оценки технического состояния машины (агрегата) по ряду оценочных показателей. Ремонт проводится в случае, если значения этих показателей отличаются от допустимых. В зависимости от числа таких показателей, устанавливается объем ремонтных воздействий. Этот вид ремонта позволяет поддерживать и даже увеличивать ресурс машины или ее агрегатов. Он может выполняться на специализированных ремонтных заводах и других крупных ремонтных предприятиях.

Гарантийный ремонт производится с целью устранения отказов, возникающих в интервале гарантийной наработки и по вине завода-изготовителя (завода по капитальному ремонту). Этот ремонт выполняется силами перечисленных предприятий.

Профилактический ремонт проводится по рекомендациям главного конструктора машины (агрегата) с целью замены элементов, не обеспечивающих заданный межремонтный ресурс изделия. Как правило, этот ремонт выполняется силами ремонтных служб эксплуатирующих изделие организаций. Подменные элементы (запасные части) поставляются заводом-изготовителем.

Тема 2.3. Основы технологии разборки машин и агрегатов, дефектация деталей

1. Правила и особенности разборки объектов ремонта.
2. Сущность процесса дефектации, контроль скрытых дефектов деталей машин. Устранимые и неустраняемые дефекты деталей.

Правила и особенности разборки объектов ремонта

Конечная цель разборки – сохранение деталей для повторного использования. Поэтому правильная организация и последовательность выполнения разборочных работ значительно влияют на продолжительность и трудоемкость разборки, сохранность деталей и в конечном итоге на качество и стоимость восстановления ремонтируемых объектов.

Последовательность разборки изделия может быть отражена в маршрутных картах, а также в маршрутных схемах разборки. Степень разборки определяют видом ремонта и техническим состоянием объектов разборки. При капитальном ремонте на специализированных ремонтных предприятиях машины разбирают на агрегаты и сборочные единицы, а агрегаты и сборочные единицы – на детали на специализированных постах.

Основные приемы и принципы разборки следующие. Сначала снимают легкоповреждаемые и защитные части (электрооборудование, топливную аппаратуру, топливо- и маслопроводы, шланги, крылья и т. п.), затем самостоятельные сборочные единицы (радиаторы, кабину, двигатель, редукторы), которые разбирают на детали. При этом структурную схему разборки строят так, чтобы из изделия в первую очередь выводились соединительные элементы и сборочные единицы 1-го порядка, которые затем разбирают соответственно на соединительные детали и сборочные единицы 2-го и последующих порядков. Разборку каждой сборочной единицы завершают выведением базовой детали.

Сборочные единицы и детали на структурной схеме разборки изображают в виде прямоугольника с указанием наименования элемента, номера его по каталогу, числа элементов в изделии и номера позиции на соответствующем рисунке (чертеже), являющемся обязательным приложением к схеме.

В процессе разборки не рекомендуется разукomплектовывать соединенные пары, которые на заводе-изготовителе обрабатывали в сборе или подвергали балансировке (крышки коренных подшипников с блоком цилиндров, крышки шатунов с шатунами, картер сцепления с блоком цилиндров, коленчатый вал с маховиком двигателя), а также приработанные пары деталей (конические шестерни главной передачи, распределительные шестерни, шестерни насосов смазочной и гидравлической систем и т.д.). Такие детали связывают или вновь соединяют болтами.

Особые требования предъявляют к разборке при необезличенном методе ремонта. В этом случае красками или другими способами помечают взаимное расположение деталей. К каждой из них, в том числе базовым, прикрепляют металлическую бирку с ремонтным номером, присваиваемым изделию при приемке в ремонт. После восстановления отдельных деталей на сборку подают составные элементы с одинаковым номером. Это позволяет при сборке сохранить не только взаимное расположение деталей до разборки, но и осуществить сборку из деталей, принадлежавших лишь данному изделию.

В процессе разборки необходимо использовать стенды, съемники, специальные приспособления и инструменты. При выпрессовке подшипников, сальников, втулок применяют съемники, оправки и выколотки с мягкими наконечниками (как правило, медными или алюминиевыми). Если выпрессовывают подшипник из ступицы или стакана, то усилие прикладывают к наружному кольцу, а при снятии с вала – к внутреннему.

При разборке резьбовых соединений, подверженных коррозии или механическим повреждениям, требуются специальные приемы и приспособления, в частности выдержка под слоем ветоши, смоченной керосином. При снятии чугунных деталей, закрепленных большим числом болтов, во избежание появления трещин сначала отвертывают на пол-оборота все болты и гайки и только после этого их вывертывают.

Не разрешается использовать зубило и молоток для отвертывания гаек, болтов, шурупов, пробок и т. п., так как это приводит к их повреждению. Не допускается использовать ударный инструмент и при разборке других соединений.

Сущность процесса дефектации, контроль скрытых дефектов деталей машин. Устранимые и неустраняемые дефекты деталей

Дефектация - это комплекс работ по определению состояния деталей и возможности их повторного использования. Она необходима для выявления у деталей дефектов, возникающих в результате изнашивания, коррозии, усталости материала и других процессов, а также из-за нарушений режимов эксплуатации и правил технического обслуживания.

Под дефектом понимают каждое отдельное несоответствие детали установленным требованиям.

Дефекты в общем случае подразделяют по ряду классификационных групп:

- по значимости – на малозначительные, значительные и критические;
- по причинам возникновения – на конструктивные, технологические и эксплуатационные;
- по возможности устранения – на устранимые и неустраняемые.

Явные – это дефекты, которые определяют визуально либо предусмотренными в нормативно-технической документации методами и средствами (микрометражным, весовым и др.).

Скрытые – это дефекты, которые обнаруживают специальными методами контроля, получившими название методов дефектоскопии.

Малозначительные – дефекты, не оказывающие существенного влияния на использование деталей, их долговечность.

Значительные – дефекты, существенно влияющие на использование деталей, их долговечность.

Критические – это дефекты, при наличии которых использование деталей по назначению невозможно.

Конструктивные – дефекты, появление которых обусловлено нарушением правил разработки изделия.

Технологические – дефекты, появление которых обусловлено нарушением правил (технологии) изготовления и ремонта изделия.

Эксплуатационные – дефекты, появление которых обусловлено эксплуатацией изделия.

Устранимые – дефекты, устранение которых технически возможно и экономически целесообразно.

Неустраиваемые – дефекты, устранение которых технически невозможно или экономически нецелесообразно.

Для обнаружения таких дефектов, как поломка, крупные трещины, пробоины, достаточен визуальный наружный осмотр. Ослабление заклепок, посадок резьбовых и прессовых соединений выявляют методами остукивания вручную.

Дефекты геометрических параметров деталей и сборочных единиц (размеров, формы, взаимного расположения рабочих поверхностей) выявляют измерением и сравнением фактических показателей с данными технической документации, где приведены номинальные, допустимые и предельные размеры деталей, зазоры и натяги соединений.

В зависимости от размера износа, вида и характера повреждения детали сортируют на три-пять групп и маркируют краской соответствующего цвета:

- годные – зеленым;
- годные в соединении с новыми или восстановленными до номинальных размеров деталями – желтым;
- подлежащие ремонту или восстановлению на данном ремонтном предприятии – белым;
- подлежащие восстановлению на специализированных ремонтных предприятиях – синим;
- негодные - красным.

Скрытые дефекты обнаруживают следующими методами дефектоскопии: капиллярными, магнитными, акустическими, обнаружения подтекания жидкости или газа.

Капиллярный метод основан на проникновении веществ, называемых пенетрантами, в полости дефектов контролируемого объекта.

Магнитный метод применяют для обнаружения дефектов изделий, изготовленных только из ферромагнитных материалов, потому что эти материалы значительно изменяют свои магнитные свойства при внешнем намагничивании. Он основан на явлении возникновения в месте расположения дефекта магнитного поля рассеяния.

Благодаря высокой чувствительности магнитного метода, его относительной простоте и надежности он получил широкое распространение в промышленности.

Ультразвуковые методы контроля основаны на регистрации параметров упругих волн, возбуждаемых и (или) возникающих в контролируемом объекте. Наибольшее распространение на практике получили эхо-импульсный и теневой методы.

Обнаружение подтекания газа и жидкости необходимо для проверки герметичности пустотелых деталей: блоков цилиндров, водяных и масляных радиаторов, камер шин, трубопроводов, шлангов, поплавков карбюраторов и др.

Тема 2.4. Технологические восстановления деталей

1. Восстановление деталей механической обработкой.
2. Восстановление деталей пластической деформацией.
3. Восстановление деталей сваркой и наплавкой.
4. Восстановление деталей пайкой и металлизацией.
5. Особенности сварки деталей из чугуна и алюминиевых сплавов.
6. Гальванические и химические способы восстановления деталей.
7. Восстановление деталей полимерными материалами.

Восстановление деталей механической обработкой

Механической и слесарной обработкой восстанавливают детали с плоскими сопрягаемыми поверхностями (направляющие станин, планки, клинья). При износе направляющих до 0,2 мм их восстанавливают шабрением, при износе до 0,5 мм – шлифованием, а при износе более 0,5 мм – строганием с последующим шлифованием или шабрением.

При ремонте валов, осей, винтов и т.п. в первую очередь проверяют и восстанавливают их базы-центровые отверстия. После этого поверхности, имеющие незначительный износ (царапины, риски, овальность до 0,02 мм), шлифуют, а при более значительных износах наращивают, обтачивают и шлифуют до ремонтного размера. При ремонте изношенных деталей нередко возникают трудности при выборе способа базирования детали для обработки в связи с изменением основной установочной базы изношенной детали. В таких случаях ориентируются не на основные установочные, а на вспомогательные базы, и от них ведут обработку рабочих поверхностей. Наряду с восстановлением деталей механической обработкой при ремонте негодную часть детали иногда заменяют новой.

Способы механической обработки приведены на рис. 1.

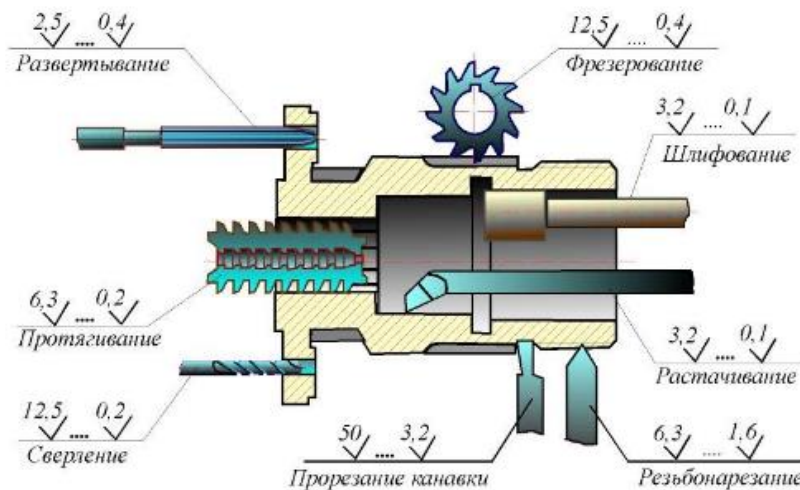


Рисунок 1 - Способы механической обработки

Восстановление деталей пластической деформацией

Восстановление деталей пластической деформацией основано на свойстве металла изменять форму и размеры детали без ее разрушения под действием внешней нагрузки. Способ основан на использовании пластических свойств металлов – стали различной твердости, цветных металлов и сплавов.

В процессе пластического деформирования происходит принудительное местное перераспределение металла самой детали, в результате чего на ее восстановление дополнительного металла не требуется.

Детали деформируют как в холодном, так и в нагретом состоянии.

В зависимости от направления действия внешней нагрузки различают следующие основные способы пластического деформирования – осадку, раздачу, обжатие, правку.

Осадку применяют для уменьшения внутреннего и увеличения наружного диаметров пустотелых и только лишь наружного диаметра сплошных деталей. Площадь поперечного сечения детали увеличивается, а высота (длина) уменьшается. При необходимости выполнения размерной (фиксированной) осадки ее выполняют в матрице.

Раздачу применяют для увеличения наружных размеров пустотелых деталей за счет увеличения их внутренних размеров. Она характеризуется совпадением направления деформирующей силы с направлением деформации. После раздачи наружный диаметр детали должен быть равен диаметру согласно чертежу с учетом припуска на последующую механическую обработку.

Обжатие применяют для уменьшения внутренних размеров пустотелых деталей за счет уменьшения наружных размеров. Направление деформирующей силы совпадает с направлением деформации.

Правку применяют при потере деталями своей первоначальной формы вследствие изгиба, скручивания, коробления. Правят распределительные валы, шатуны, балки мостов, детали рам, валы комбайнов, коленчатые валы двигателей.

Кроме названных ранее основных способов пластического деформирования можно применять высадку, растяжку, вытяжку и оттяжку деталей, вдавливание и накатку.

Высадка – разновидность осадки, используемая для увеличения площади поперечного сечения детали не по всей длине, а в ее средней или концевой части. В этом случае часть поверхности детали, которая будет подвергаться деформации, предварительно нагревают, т.е. нагреву подлежит только осаживаемая часть. Высадкой наиболее часто восстанавливают изношенные концевые шейки валов и осей.

При растяжке, т.е. увеличении длины детали за счет уменьшения площади поперечного сечения, направление деформирующей силы совпадает с направлением деформации, а при вытяжке – не совпадает. Этими способами увеличивают длину тяг, шатунов, рычагов, штанг и т.д.

Оттяжку применяют в основном для восстановления рабочих органов почвообрабатывающих машин (лап культиваторов, лемехов, зубьев борон и др.).

Вдавливание – перспективный способ пластического деформирования, способствующий увеличению наружных размеров детали за счет ее деформации на ограниченном участке. Особенность способа заключается в том, что деформирующая сила направлена под углом к направлению деформации. Применяют для восстановления изношенных боковых поверхностей шлицев, шаровых пальцев, зубьев шестерен. Деформацию осуществляют, как правило, в горячем состоянии.

Накатку используют для восстановления посадочных мест под подшипники на валах и в корпусных деталях. Рабочим элементом служит ролик с шагом зубьев 1,5...1,8 мм, прижимаемый с усилием к поверхности изношенной детали. Для уменьшения усилия деформации деталь предварительно нагревают. Увеличение диаметра не должно превышать 0,4 мм, а уменьшение опорной поверхности — не более 50 %.

К разновидностям восстановления деталей пластическим деформированием относятся электромеханическая обработка и упрочнение деталей.

Электромеханическая обработка – это разновидность восстановления деталей пластическим деформированием, заключается в искусственном нагреве металла электрическим током в зоне деформации. Этот способ дает возможность обрабатывать закаленные детали и детали, восстановленные твердыми сплавами.

Упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием. Сущность способа заключается в следующем. Под давлением деформирующего инструмента микровыступы (микронеровности) поверхности детали пластически деформируются (сминаются), заполняя микровпадины

обрабатываемой поверхности, что способствует повышению твердости поверхностного слоя.

Восстановление деталей сваркой и наплавкой

Сваркой называют технологический процесс получения неразъемных соединений твердых металлов посредством установления межатомных связей между свариваемыми деталями при их местном нагреве, или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого.

Процесс сварки – это комплекс нескольких одновременно протекающих процессов, основными из которых являются: тепловое воздействие на металл в околошовных участках, плавление, металлургические процессы, кристаллизация металла шва и взаимная кристаллизация металлов в зоне сплавления.

Наплавка – разновидность сварки, представляет собой процесс нанесения слоя металла на поверхность детали.

Под свариваемостью металлов понимают способность материалов образовывать сварное соединение, свойства которого близки к свойствам основного материала.

Свариваемость металлов рассматривают с технологической и физической точек зрения.

По свариваемости стали подразделяют на четыре группы: первая – хорошо сваривающиеся стали; вторая – удовлетворительно сваривающиеся; третья – ограниченно сваривающиеся; четвертая группа – плохо сваривающиеся стали.

Основные признаки, характеризующие свариваемость сталей, – склонность к образованию трещин и механические свойства сварного соединения.

Ручная электродуговая сварка и наплавка

При электродуговой сварке и наплавке источником теплоты является сварочная дуга – устойчивый электрический разряд в ионизированной смеси газов и паров материалов. Этот способ характеризуется ручным выполнением двух основных рабочих движений – подачи электрода и перемещения дуги относительно детали.

Дугу возбуждают двумя способами: прикосновением торца электрода к детали с последующим его отводом на расстояние 3...4 мм или быстрым боковым движением электрода также с последующим отводом. В процессе наплавки одновременно с подачей электрода (если он плавящийся) ему сообщают поступательное движение вдоль оси шва (валика) и, кроме того, поперечно-колебательное движение в случае необходимости получения уширенного валика.

В зоне электродуговой наплавки и сварки происходят: плавление металла, перенос электродного или присадочного металла, образование сварочной ванны

с зоной термического влияния, кристаллизация сварочной ванны и фазовые изменения в зоне термического влияния.

1. Технология электродуговой сварки и наплавки деталей приведена на рис.



Рисунок 1 - Технология сварки и наплавки деталей

Газовая сварка и наплавка

Сущность процесса заключается в том, что расплавление свариваемого и присадочного металла происходит пламенем, которое получается при сгорании горючего газа в смеси с кислородом. В качестве горючего газа обычно применяют ацетилен – соединение углерода с водородом. Получают ацетилен из карбида кальция путем воздействия на последний водой.

Сварку и наплавку осуществляют сварочными горелками, которые предназначены для смешивания горючего газа с кислородом и получения сварочного пламени.

Восстановление деталей пайкой и металлизацией

Пайкой называется процесс соединения металлических тел при помощи расплавленного промежуточного металла или сплава, который в процессе охлаждения затвердевает, образуя прочную связь между этими телами.

Промежуточные металлы или сплавы, называемые припоями, обычно имеют более низкую температуру плавления, чем спаиваемые металлы.

В зависимости от назначения припой делятся на мягкие с температурой плавления меньше 400 °С и твердые с температурой плавления больше 550 °С.

Мягкие припои имеют небольшую механическую прочность. К ним относятся припои на оловянно-свинцовой основе (ПОС-18,-ПОС-50, ПОС-64), которые плавятся при температуре 183—232 °С. Твердые припои имеют высокую прочность. К ним относятся медь, медно-цинковые (латунные) и серебряные припои. В ремонтном производстве нашли широкое применение

медно-цинковые припои (ПМЦ-36, ПМЦ-48, ПМЦ-54) и серебряные (ПСр-12, ПСр-45, ПСр-70).

В процессе пайки применяют флюсы для растворения и удаления окислов с поверхности металла и защиты поверхности от окисления. При пайке мягкими припоями пользуются флюсами — хлористым цинком, канифолем, нашатырными и паяльными пастами, а при пайке твердыми припоями — бурой и бурой с борной; кислотой.

В зависимости от способа нагрева пайку различают газовую, электрическую и ультразвуковую. В ремонтном производстве применяют в основном способы пайки с местным нагревом при помощи электрического паяльника или газовой горелки для деталей из меди, бронзы, стали и чугуна.

Ультразвуковая пайка является прогрессивной и ее целесообразно использовать для пайки деталей из алюминиевых сплавов без применения флюса.

На рис. 1 показана схема ультразвукового паяльника. Его рабочий наконечник нагревается электрической обмоткой и ферромагнитный стержень имеет обмотку возбуждения, питаемую от высокочастотного генератора. При питании от генератора стержень приводит рабочий наконечник в колебательное движение. От колебательных движений в расплавленном припое разрушается окисленная пленка на поверхностях деталей, соединяемых припоем. Спаиваемые детали должны быть зачищены от коррозии, окислов, обезжирены, промыты и высушены. По окончании пайки сильнодействующие «флюсы удаляют промывкой в содовом растворе, а затем водой.

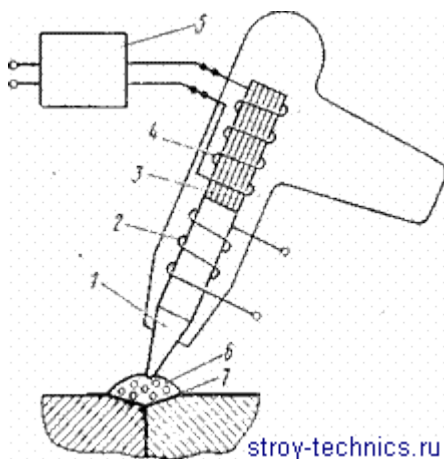


Рисунок 1 - Схема ультразвукового паяльника

Пайка применяется при ремонте радиаторов, баков, топливных да масляных трубопроводов, некоторых деталей электрооборудования и др.

Преимущества пайки перед другими способами восстановления деталей следующие: простота и дешевизна процесса; высокая производительность и возможность выполнения операций менее квалифицированными работниками;

достаточно высокая прочность соединения и сохранение точной формы и размеров детали.

Восстановление деталей металлизацией

Металлизацией называется нанесение расплавленного металла на поверхность детали. Расплавленный металл в специальном приборе – металлизаторе струей воздуха или газа распыляется на мельчайшие частицы и переносится на предварительно подготовленную поверхность детали. Нанесенный слой не является монолитным, а представляет собой пористую массу, состоящую из мельчайших окисленных частиц.

Способом металлизации восстанавливают размеры посадочных мест для подшипников качения, зубчатых колес, муфт, шеек коленчатых валов и т.п. Чтобы металлизационный слой прочно соединился с поверхностью детали, поверхность очищают от грязи и масла и подвергают пескоструйной обработке. Твердость металлизационного покрытия определяется качеством наносимого материала.

Особенности сварки деталей, изготовленных из чугуна и алюминиевых сплавов

Чугун представляет собой сплав железа с углеродом (содержание углерода более 2,14 %) и относится к группе плохо свариваемых металлов.

Свариваемость чугуна неудовлетворительна, что обусловлено его повышенной склонностью к образованию трещин из-за низкой прочности и пластичности металла.

Трещины при сварке могут возникать в металле шва и зоне термического влияния при повышенных скоростях охлаждения в результате образования хрупкого белого чугуна и структур закалки.

На образование таких структур и трещин влияют термический цикл сварки(технология сварки), химический состав и структура свариваемого чугуна.

Чугун можно сваривать дуговой сваркой металлическим или угольным электродами, газовой сваркой, термитной сваркой и заливкой жидким чугуном.

По состоянию свариваемой детали различают три способа сварки чугуна: холодную, полугорячую и горячую. Холодную сварку выполняют без подогрева свариваемых деталей, полугорячую – при полном или местном подогреве, горячую – при полном нагреве.

Особенности сварки и наплавки деталей, изготовленных из алюминия

[
Технически чистый алюминий в технике имеет сравнительно ограниченное применение вследствие низкой прочности и высокой

пластичности. Большой частью в технике применяют сплавы алюминия – дюралюмины и силумины.

Основные затруднения при сварке алюминия и его сплавов следующие:

- - на поверхности расплавленного металла постоянно образуется тугоплавкая пленка оксида алюминия, препятствующая сплавлению между собой частиц металла;

- - высокая температура плавления оксида алюминия и низкая температура плавления алюминия крайне затрудняют управление процессом сварки.

Для деталей из алюминия и его сплавов рекомендуют следующие способы сварки:

- - неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона (аргонодуговая сварка);

- - электродами ОЗА-2 (сплава алюминия) и ОЗА-1 (технического алюминия) на постоянном токе обратной полярности, короткой дугой (электродуговая сварка);

- ацетилено-кислородным нейтральным пламенем (газовая сварка) с использованием флюса АФ-4А.

Гальванические и химические способы восстановления деталей

Железнение.

Наиболее широкое применение железные покрытия получили для восстановления размеров изношенных деталей СДМ, автомобилей, тракторов, ДВС. Такие покрытия характеризуются сравнительно высокой твердостью и дешевизной.

Химический состав гальванического покрытия железа зависит от состава исходных материалов, применяемых при электролизе. В обычных условиях электролиза с применением растворимых анодов железо осаждается с большим количеством примесей и по химическому составу напоминает малоуглеродистую сталь.

Основные физико-механические и связанные с ними эксплуатационные свойства железных покрытий (структура, твердость, пластичность, внешний вид, износостойкость и др.) изменяются в широких пределах в зависимости от условий электролиза. Износостойкость деталей, восстановленных твердым (4000...6000 МПа) электролитическим железом, не уступает износостойкости новых деталей. Во влажной атмосфере электролитическое железо подвергается коррозии, но меньше, чем сталь.

Таким образом, твердое электролитическое железо по химическому составу напоминает малоуглеродистую, а по некоторым свойствам (твердость, прочность, износостойкость, коррозионная стойкость) — среднеуглеродистую сталь. Поэтому процесс еще называют осталиванием.

Железнение обладает хорошими технико-экономическими показателями: исходные материалы и аноды являются дешевыми и недефицитными; высокий выход металла по току (85...95%); высокая производительность – скорость осаждения железа составляет 0,2...0,5 мм/ч; толщина твердого покрытия может достигать 2 мм; возможность в широких пределах регулировать свойства покрытий в зависимости от их назначения обуславливает универсальность процесса; достаточно высокая износостойкость твердых покрытий, приближающаяся к износостойкости закаленной стали.

Тем не менее, процесс железнения имеет существенные недостатки:

- сцепление металла детали с нанесенным металлом значительно хуже, чем при хромировании;

- низкая твердость нанесенного слоя, следовательно, детали машин, восстановленные таким способом, имеют низкую износостойкость.

Хромирование.

Электрохимический хром имеет цвет от матово-молочного до серебристо-блестящего. Покрытия хрома отличаются мелкозернистостью. Микротвердость хромовых покрытий в зависимости от условий электролиза колеблется от 4000 МПа до 12 000 МПа. Покрытия обладают низким коэффициентом трения и высокой сцепляемостью. Хром химически стоек против воздействия многих кислот и щелочей:

он нерастворим в растворах азотной, серной и органических кислотах, в щелочах и в растворах многих солей и органических веществ. В атмосферных условиях на поверхности хрома образуется прозрачная пассивная пленка, предохраняющая его от коррозии и длительное время сохраняющая его блеск. Осажденный на полированную поверхность хром имеет зеркальный блеск и серебристый с синеватым оттенком цвет. Хромовые покрытия жароустойчивы. Отражательная способность хромовых покрытий выше никелевых, но ниже серебряных.

Высокие твердость, жаростойкость, химическая стойкость и низкий коэффициент трения хрома обеспечивают хромированным деталям высокую износостойкость даже в тяжелых условиях эксплуатации, превышающую в 2...5 раз износостойкость закаленной стали.

К недостаткам хромовых покрытий относятся повышенные хрупкость, напряженность и пористость, снижающие на 30...40% их защитные свойства и предел выносливости хромированных деталей.

Высокие физико-химические и механические свойства хромовых покрытий обусловили широкое применение хромирования для следующих целей:

- - защитно-декоративное хромирование арматуры автомобилей, велосипедов, мотоциклов, вагонов и т. д.;

- - увеличение отражательной способности при изготовлении зеркал, отражателей, рефлекторов;

- - увеличение износостойкости и срока службы пресс-форм, штампов и матриц при изготовлении изделий из резины, пластмасс, кожи и стекла; измерительных и режущих инструментов, фильер для волочения металлов, трущихся поверхностей деталей машин (цилиндры двигателей, поршневые кольца, штоки гидроцилиндров, плунжеры топливных насосов);
- - восстановление изношенных деталей автомобилей, тракторов, различного оборудования.

Восстановление деталей полимерными материалами

Полимеры – химические соединения с высокой молекулярной массой, молекулы которых макромолекулы состоят из большого числа повторяющихся групп –мономерных звеньев.

В машиностроительном и ремонтном производствах используют в основном синтетические пластические массы и полимерные композиции. Их главной составной частью является полимер, соединяющий все остальные компоненты. В состав композиций также входят пластификаторы – вещества увеличивающие пластичность композиции, катализаторы – вещества ускоряющие процесс полимеризации, отвердители, красители и другие добавки.

К наиболее распространенным полимерным композициям относят эпоксидиановые или эпоксидные смолы, эластомеры, акриловые полимеры, анаэробные герметики, вулканизирующиеся герметики, высыхающие и не высыхающие герметики.

Область применения полимерных материалов: восстановление размеров изношенных деталей; заделка трещин и пробоев в корпусных деталях; склеивание деталей, приклеивание фрикционных накладок муфт сцепления и тормозных колодок, вклейка стекол; герметизация сварных и заклепочных швов; изготовление деталей различного назначения; фиксация резьбовых соединений; защита деталей от коррозии; герметизация фланцевых соединений.

Ремонт трещин и пробоев.

При дефектации блоков цилиндров двигателей одним из часто повторяющихся дефектов является трещины водяных рубашек. В связи с этим для уменьшения себестоимости ремонтных работ помимо заварки широко применяют полимерные композиции на основе эпоксидной смолы ЭД-16.

Технологический процесс ремонта состоит из следующих операций: разделка трещины под углом 70° , глубиной до 3 мм и сверление по краям трещины отверстий диаметром 3 мм.; зачистка до металлического блеска поверхности вокруг трещины на расстоянии 40 мм от ее краев; двойное обезжиривание обработанной поверхности ацетоном с интервалом в 10...15 мин; нанесение эпоксидной композиции на горизонтально расположенную подготовленную трещину с помощью шпателя и валика; термообработка нанесенного покрытия.

Трещины от 20 мм до 150 мм заделывают с применением двухслойного покрытия армированного пропитанной тем же составом стеклотканью. Первый слой ткани должен перекрывать трещину со всех сторон на 20...25 мм, а второй тканевый слой должен перекрывать первый на 15 мм.

При ремонте трещин длиной более 150 мм на трещину после нанесения эпоксидного состава устанавливают металлическую накладку и фиксируют ее болтами.

Накладку изготавливают из металла толщиной 0,8...2 мм и перед закреплением, как и площадь вокруг трещины зачищают до металлического блеска и обезжиривают.

При ремонте сквозных пробоин применяют либо наложение металлических накладок толщиной до 1,5 мм с перекрытием пробоины на величину до 20 мм, либо заполнение пробоины многослойным покрытием, состоящим из слоев эпоксидной композиции и стеклоткани, наружные слои которой должны перекрывать пробоину на 15...20 мм.

Создание новых и более ценных по своим свойствам синтетических полимеров, безусловно, ведет к модернизации как машиностроительного, так и ремонтного производства. В последнее время для восстановления неподвижных соединений стали применяться анаэробные герметики. Технология сходна с технологией восстановления эпоксидными смолами, однако в отличие от эпоксидных композиций анаэробные герметики готовы к применению и не требуют предварительного приготовления, а также показывают более высокие результаты в ходе эксплуатационных испытаний по многим параметрам.

Тема 2.5. Способы восстановления и ремонта соединений деталей машин под ремонтный размер и дополнительными ремонтными деталями

1. Сущность способа ремонтных размеров. Область применения способа ремонтных размеров.
2. Постановка дополнительных ремонтных деталей.
3. Ремонт резьбовых соединений.

Сущность способа ремонтных размеров

При обработке деталей под ремонтные размеры восстанавливаются геометрическая форма и шероховатость поверхностей деталей, но при этом изменяются их первоначальные размеры. Новые размеры — ремонтные могут быть больше или меньше нормальных. Детали, сопрягаемые с восстанавливаемой деталью, также должны иметь соответствующие ремонтные размеры.

Обработка под ремонтные размеры заключается в том, что одну и двух сопряженных деталей (обычно более дорогостоящую) подвергают механической обработке под ремонтный размер, меньший (для шеек класса валов) или больший (для отверстий) начального, другую сопряженную

деталь (обычно менее дорогостоящую) при этом заменяют новой или восстановленной соответствующего ремонтного размера, чем обеспечивается восстановление первоначальной посадки деталей. Например, при ремонте сопряжений цилиндр — поршень цилиндр растачивают под очередной увеличенный ремонтный размер, а поршень и поршневые кольца заменяют новыми, соответствующего ремонтного размера.

Ремонтные размеры и допуски на них устанавливает завод-изготовитель. Восстановление деталей под ремонтные размеры характеризуется простотой и доступностью, низкой трудоемкостью (в 1,5...2,0 раза меньше, чем при сварке и наплавке) и высокой экономической эффективностью, сохранением взаимозаменяемости деталей в пределах ремонтного размера. Недостатки способа — увеличение номенклатуры запасных частей и усложнение организации процессов хранения деталей на складе, комплектования и сборки. Очередной ремонтный размер для вала (знак «—») и отверстия (знак «+») определяют по формуле:

$$D_i = D_n \pm 2i(\beta I_{\max} + z)$$

где D_i - i -й ремонтный размер, мм;

D_n — номинальный размер, мм;

i — номер ремонтного размера ($i = 1...n$);

β — коэффициент неравномерности износа;

I_{\max} — максимальный односторонний износ, мм;

z — припуск на механическую обработку на сторону, мм.

Постановка дополнительных ремонтных деталей

Применение дополнительных деталей заключается в том, что дефектную часть детали подвергают механической обработке или удаляют, после чего на нее устанавливают или прикрепляют (сваркой, на резьбе и пр.) к оставшейся годной части дополнительную деталь. Затем дополнительную деталь обрабатывают под нормальный или ремонтный размеры.

В качестве дополнительных деталей применяют гильзы, пластины, кольца, втулки, зубчатые венцы и различные части деталей требуемых размеров и формы. Этим способом восстанавливают посадочные гнезда под кольца подшипников качения в корпусных деталях, промежуточный вал коробки передач и другие детали.

Ремонт резьбовых соединений

В резьбовых соединениях повышенные износы и повреждения возникают из-за недостаточной затяжки винтов и гаек, особенно в соединениях, воспринимающих во время работы большие или знакопеременные нагрузки. Под совместным действием этих нагрузок болты и винты растягиваются, шаг резьбы

и ее профиль нарушаются, гайки начинают «заедать». Происходят поломки деталей соединений.

Более интенсивно изнашиваются детали часто разбираемых и регулируемых соединений. Износу подвергаются резьбы, грани головок болтов и гаек. Резьба разрушается также от чрезмерных затяжек гайки или винта.

Износ резьбовых соединений проявляется следующим образом:

- изменяется профиль резьбы по среднему диаметру — увеличивается зазор (наблюдается у винтов и у часто отвертываемых крепежных болтов);
- рабочие поверхности профиля резьбы сминаются под действием рабочих нагрузок;
- стержень болта удлиняется в результате действия осевых рабочих нагрузок и усилий затяжки;
- изменяется под действием осевых рабочих нагрузок шаг резьбы.

Изношенные или поврежденные крепежные болты и винты не ремонтируют, а заменяют новыми.

Ремонт соединения, в котором произошел обрыв винта или шпильки, производится разными способами. Если винт или шпилька сломалась в глубине отверстия, то обломки извлекают. Для этого тонкий бородок или керн приставляют концом к верху обломка; постукивая молотком по бородку, которому придают наклон в направлении, противоположном заходу резьбы, вывинчивают обломок. Это делают, стараясь не повредить край резьбы.

Другой способ: в обломке винта или шпильки высверливают отверстие диаметром меньше, чем диаметр резьбы, и забивают в него ребристый закаленный стержень; проворачивая стержень, удаляют обломок из гнезда.

Более совершенным способом извлечения из отверстия обломка является выполнение в обломке электроискровым способом квадратного отверстия, а затем вывертывание обломка ключом.

Извлечение сломанных винтов можно осуществить с помощью приваренного прутка.

Детали значительного диаметра с изношенной наружной резьбой ремонтируют так: срезают старую резьбу и нарезают новую (если это допускается условиями прочности) или же на деталь насаживают втулку либо бандаж с резьбой. Если удаляют старую резьбу, то новую обрабатывают до ближайшего диаметра по стандарту.

Изношенную или сорванную резьбу в отверстиях детали обычно не восстанавливают.

В этих случаях поступают следующим образом отверстие просверливают на большую глубину (если это возможно) и снова нарезают в нем резьбу;

- в углубленное отверстие ввинчивают новый винт с удлиненной резьбовой частью;
- отверстие рассверливают, нарезают новую резьбу большего диаметра и ставят новые винты с резьбой данного диаметра; отверстие для винта во второй соединяемой детали рассверливают.

При ремонте резьбовых отверстий в корпусных деталях рационально восстанавливать номинальную (первоначальную) резьбу, для этого существующее отверстие рассверливают, нарезают новую резьбу, изготавливают переходную втулку с наружной и внутренней резьбой, рассчитанной на нормальный винт. Втулку устанавливают заподлицо с плоскостью детали и стопорят штифтом. Однако при этом переходная втулка должна быть толстостенной, поэтому предпочтительнее устанавливать ее на эпоксидном клее. Для этого резьбу в корпусе, резцедержателе, а также и на переходной тонкостенной втулке тщательно обезжиривают, нанося клей на сопрягаемые резьбы, ввинчивают втулку заподлицо с деталью. После затвердения клея образуется надежное соединение.

Тема 2.6. Ремонт деталей двигателя внутреннего сгорания

1. Организация и технология ремонт двигателя внутреннего сгорания.
2. Восстановление блока цилиндров двигателя, гильз цилиндров ДВС, шатунов.
3. Восстановление коленчатых и распределительных валов.

Организация и технология ремонт двигателя внутреннего сгорания

Схема технологического процесса ремонта двигателя представлена на рисунке 1.

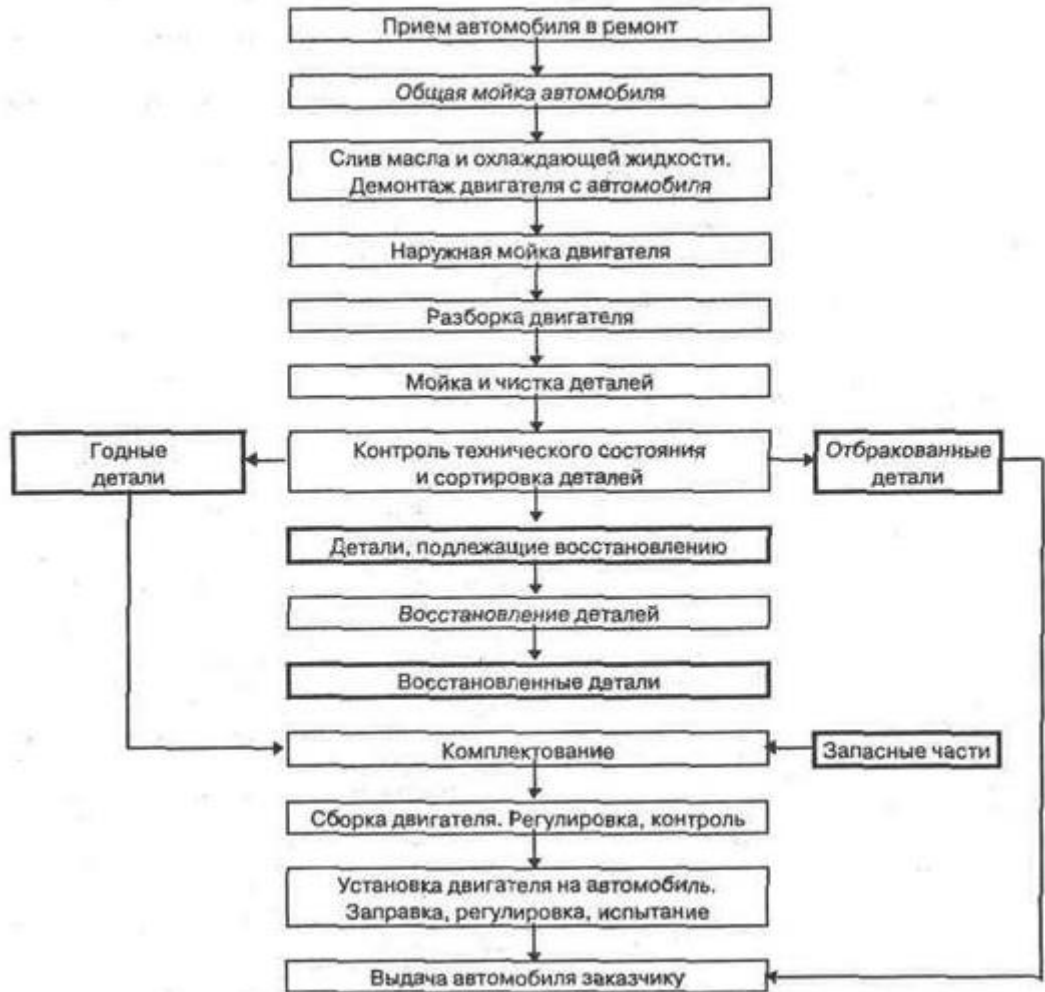


Рисунок 1 – Схема технологического процесса ремонта двигателя

Приём в ремонт. Приём в ремонт имеет своей задачей определение комплектности и технического состояния двигателей, оформление приёмо-сдаточного акта, составление предварительной калькуляции стоимости ремонта, ознакомление заказчика с калькуляцией и оформление заказа (договора на выполнение работ, оказание услуг).

В начальной стадии ремонта производится наружная мойка двигателя. Эта стадия мойки имеет большое значение для поддержания общей чистоты на предприятии и качества выполнения всех последующих ремонтных работ.

Мойка двигателя. Мойка двигателя производится или в специальной струйной моечной машине, или с помощью аппаратов высокого давления. Оптимальная температура моющего раствора $t = 60 \dots 90 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Разборка двигателя. Технологический процесс разборки может быть организован на одном рабочем месте или на поточной линии. Последний вариант организации технологического процесса применяется на крупных мотороремонтных предприятиях с небольшой номенклатурой ремонтируемых

агрегатов. При небольших разномарочных производственных программах используются универсальные посты разборки-сборки, оснащенные стендами-кантователями.

Необходимо исключить применение методов разборки с использованием ударных воздействий на детали, при которых в дополнение к дефектам, возникающим у деталей в процессе эксплуатации, возникают «разборочные» дефекты (деформация, разрушение и др.). Эти дефекты дополнительно увеличивают объем восстановительных работ и долю отбракованных деталей.

При выборе инструмента и другой технологической оснастки необходимо учитывать, что усилие отворачивания резьбовых соединений и распрессовки сопряжений с натягом в среднем на 15...25% выше усилий при их сборке.

Наиболее важным является применение специальных съемников, обеспечивающих сохранность демонтируемых деталей. Кроме этого, наиболее передовые инструментальные фирмы выпускают универсальные гаечные ключи и головки новой конструкции. Они имеют специальный профиль рабочей поверхности, который в отличие от традиционного, не концентрирует усилие на ребре гайки или головке болта, а распределяет его по поверхности грани, обеспечивая сохранность крепежных деталей и высокую производительность труда.

Стоимость профессионального инструмента высока, поэтому актуальным является вопрос его сохранности.

Опыт передовых зарубежных ремонтных предприятий показывает, что наиболее надежным и дешевым способом решения этой проблемы является передача инструмента в собственность исполнителям. Сотрудник в рассрочку обязан выкупить комплект необходимого ему для работы инструмента. При этом на него автоматически возлагается ответственность за сохранность.

При индивидуальном ремонте детали и узлы разобранного двигателя не обезличиваются и укладываются в специальный контейнер. Это необходимо для последующей сборки двигателя. Кроме того, отбракованные детали должны быть возвращены заказчику. Ряд деталей не разукomплектовываются из соображений сохранения их взаимного расположения. Это детали, которые при производстве обрабатываются в сборе. Например, в двигателе не разукomплектовываются: блок цилиндров и крышки коренных подшипников; шатуны и крышки шатунов; головка цилиндров и крышки опор распределительного вала. Не рекомендуется разукomплектовывать коленчатый вал и маховик. При разборке целесообразно маркировать сопряженные детали, обозначая их принадлежность и взаимное расположение.

Очистка деталей. Детали двигателей имеют различные виды эксплуатационных загрязнений, которые должны быть в процессе ремонта полностью удалены.

На первом этапе производится общая мойка деталей, аналогично тому, как осуществляется мойка агрегатов. В процессе общей мойки с поверхностями деталей удаляются масляные пленки. Кроме масляных пленок детали имеют

сложные виды загрязнений, не удаляемые общей мойкой. К сложным видам загрязнений относятся нагар, накипь, смолистые отложения.

Нагар удаляется механическим путем с помощью металлических щеток, а также струёй сжатого воздуха, подающей на поверхность детали частицы твердой очищающей среды. В качестве твердой очищающей среды используется песок, косточковая крошка, пластмассовая крошка, сухой лед и др.

Пескоструйная обработка повреждает поверхность детали и, поэтому, может применяться только для очистки стальных и чугунных деталей, не имеющих хорошо обработанных поверхностей, например, выпускных трубопроводов.

Косточковая и пластмассовая крошки имеет меньшую твердость и сбивает слой нагара, не повреждая при этом поверхность деталей. Данная очищающая среда применяется при очистке деталей из черных и цветных материалов (головки цилиндров, поршни, клапаны и др.).

Накипь, образуемая на поверхностях деталей, контактирующих с охлаждающей жидкостью, удаляется или способами удаления нагара или химическим способом специальными составами.

Для деталей из алюминиевых сплавов

1. Раствор фосфорной кислоты и хромового ангидрида.
2. Раствор уксусной кислоты.
3. Раствор молочной кислоты, $t = 30-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T = 1-2$ часа.

После обработки производится промывка детали холодной водой.

Накипь и нагар эффективно удаляются термохимическим способом в расплаве солей при $t = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение $T = 5-10$ мин.

Такая технология применяется на крупных ремонтных предприятиях и требует соблюдение особых мер техники безопасности.

Смолистые отложения образуются на деталях топливной аппаратуры.

Поверхность деталей покрывается тонкими прочными пленками, имеющими высокую прочность сцепления с материалом детали. Эти отложения нарушают работу топливной аппаратуры бензиновых двигателей и дизелей.

Обычные моющие растворы практически не удаляют эти пленки. Очистка деталей возможна с помощью растворителей. Но этот процесс связан с вредными условиями труда, пожаро- и взрывоопасностью. Высокое качество очистки обеспечивает ультразвуковая мойка. Используется специальная установка, в которой в моющем растворе возбуждаются ультразвуковые колебания. Это приводит к образованию в растворе кавитационных пузырьков, разрушающих и срывающих смолистые отложения с поверхности детали.

При очистке деталей сложной конструкции (блоки цилиндров, головки цилиндров, коленчатые валы и т.п.) необходимо обязательно производить промывку масляных каналов.

Контроль технического состояния деталей. По результатам контроля состояния ремонтного фонда детали сортируются на три основные структурные группы.

1. Детали, годные без восстановления;
2. Детали, подлежащие восстановлению;
3. Детали, подлежащие выбраковке.

К первой группе относятся детали, которые не имеют ни одного дефекта. Детали, имеющие один или несколько дефектов, которые могут быть технологически устранены и их устранение экономически целесообразно, относятся ко второй группе. К третьей группе относятся детали, которые имеют дефект или дефекты, которые технологически невозможно устранить или это технологически нецелесообразно. К третьей группе также относят дефектные детали, в значительной степени влияющие на безопасность движения.

В деталях автомобилей, в процессе эксплуатации возникает большое количество дефектов. Все разнообразие этих дефектов с точки зрения применяемых методов обнаружения можно разбить на следующие группы:

- механические повреждения (поломки, трещины, отколы, пробоины);
- коррозионные повреждения (окисные пленки, раковины, сыпь и т. п.);
- изменение геометрических размеров и формы рабочих поверхностей (овальность, конусо-, седло-, бочкообразность, риски, задиры и т. п.);
- нарушение точности взаимного расположения рабочих поверхностей и осей деталей (неперпендикулярность осей и поверхностей, изменение межцентрового расстояния, непараллельность осей и поверхностей, неплоскостность);
- скрытые (невидимые) дефекты (микроскопические поверхностные трещины, внутренние пороки в материале деталей, такие как раковины, поры);
- изменение физико-механических свойств материала деталей (нарушение твердости и упругих свойств деталей (пружин, рессор, торсионов).

Контроль деталей начинается с внешнего осмотра. Для контроля большинства параметров используются обычные измерения с помощью универсального или специализированного инструмента. Наличие скрытых дефектов проверяется опрессовкой, методом красок, люминесцентным методом, магнитной и ультразвуковой дефектоскопией.

Восстановление деталей. Эффективность и качество восстановления деталей в значительной степени зависят от технических возможностей способа, обеспечивающего необходимый уровень эксплуатационных свойств. В зависимости от характера устраняемых дефектов, все способы восстановления деталей подразделяются на три основные группы: восстановление деталей с изношенными поверхностями; восстановление деталей с механическими повреждениями; восстановление противокоррозионных покрытий.

Механическая обработка применяется как самостоятельный способ восстановления деталей, а также в качестве операций, связанных с подготовкой или окончательной обработкой деталей, восстановленных другими способами. В качестве самостоятельного способа восстановления деталей механической обработкой нашли применение обработка под ремонтный размер и постановка дополнительных ремонтных деталей (ДРД).

Пластическое деформирование применяют при восстановлении размеров деталей, их формы и физико-механических свойств.

Сварка предназначена для устранения механических повреждений деталей (трещин, отколов, пробоин и т.п.), а наплавка – для нанесения металлических покрытий на поверхности деталей с целью компенсации их износа.

Газотермическое напыление – предназначено для нанесения металлических покрытий на изношенные поверхности восстанавливаемых деталей.

Гальванические и химические способы обработки предназначены для восстановления изношенных поверхностей деталей (хромирование, железнение, никелирование), для защиты деталей от коррозии (цинкование, бронзирование, оксидирование), для защитно-декоративных целей (хромирование, никелирование, цинкование, оксидирование), для придания поверхностям деталей специальных свойств: хорошей прирабатываемости (меднение, лужение, свинцование, фосфатирование), для защиты от науглероживания при цементации (меднение), для повышения электрической проводимости (меднение, серебрение), для повышения отражательной способности (хромирование, никелирование), как подслоя под другое покрытие (медь, никель) или как грунт под окраску.

При ремонте, в процессе **сборки** агрегатов используются три группы деталей:

1. Новые.
2. Восстановленные.
3. Бывшие в употреблении, но годные к повторному использованию без ремонтных воздействий.

Использование деталей второй и третьей групп является важным фактором экономической эффективности ремонта. По данным отечественных и зарубежных источников, стоимость восстановленных деталей составляет обычно от 25 до 80 % от стоимости новых. При этом меньший процент относится к наиболее сложным и дорогим деталям двигателя. Детали, бывшие в эксплуатации, но сохранившие все свойства, необходимые для дальнейшего их использования, имеют стоимость 10-25 % от стоимости новых (учитываются затраты на разборку агрегата, очистку и контроль деталей).

Рынок новых запасных частей состоит из двух основных секторов: оригинальные запасные части и неоригинальные запасные части.

Оригинальными запасные части считаются, если продукция данного производителя используется при сборке новых автомобилей (двигателей) и эти же изделия поставляются на рынок запасных частей. Этот сектор рынка оригинальных запасных частей делится на две части:

1) детали и сборочные единицы, произведенные самим предприятием, осуществляющим сборку автомобиля (двигателя), т.е. головным предприятием;

2) детали или сборочные единицы, произведенные другими предприятиями, осуществляющими поставки своей продукции головным предприятиям-сборщикам агрегата (автомобиля) в качестве комплектующих.

Современный уровень организации производственного процесса в автомобиле-и двигателестроении характеризуется высокой специализацией производителей и широкой кооперацией. Современные головные предприятия, осуществляющие сборку автомобилей, самостоятельно выпускают от 20 до 35% всей номенклатуры частей. Остальные части поставляются по кооперации. Одна и та же деталь поставляется головному предприятию несколькими производителями. Этим головное предприятие создает конкурентную среду между поставщиками и боится от возможных сбоях в поставках. Все эти поставщики относятся к производителям оригинальных частей. Оригинальные запасные части имеют наиболее высокую цену и характеризуются высоким и стабильным качеством.

Второй сектор рынка новых запасных частей – неоригинальные запасные части. Такие части выпускаются предприятиями, не поставляющими свою продукцию заводам-производителям автомобилей (двигателей), а работающими только на рынок запасных частей. Эти изделия имеют более низкую цену (от 50 до 80% от стоимости оригинальных частей) и широкий диапазон уровня качества.

Правильный выбор на рынке запасных частей в каждом конкретном случае позволяет обеспечить высокое качество ремонта и минимизировать затраты. В случаях использования при ремонте неоригинальных запасных частей необходимо получить на это согласие заказчика.

При проведении гарантийных ремонтов используются только новые оригинальные части. Не допускается ремонт базовых деталей узлов и агрегатов. В случае возникновения дефекта базовой детали, весь агрегат (узел) подлежит замене.

Восстановленные детали должны обладать высоким качеством, практически не отличающимся от качества новых деталей. Мировая практика подтверждает реальную возможность обеспечения качества восстановленных частей на уровне новых. При этом обеспечивается высокая экономическая эффективность ремонтного производства. За счет восстановленных деталей удовлетворяется около 25% потребности в запасных частях.

Восстановлению подвергаются наиболее сложные и дорогие детали. Стоимость восстановленных деталей и узлов лежит в диапазоне от 40 до 80% от стоимости новых. На рынке запасных частей промышленно развитых стран наблюдается устойчивый спрос на восстановленные детали и узлы, используемые при ремонте. Заказчик должен быть поставлен в известность и дать согласие на использование восстановленных деталей при ремонте агрегата.

Детали, годные к повторному использованию без ремонтных воздействий, т.е. бывшие в эксплуатации и сохранившие все свои свойства, составляют около 10-20% от общего количества деталей.

Выдача отремонтированного двигателя заказчику. Двигатель после ремонта выдается заказчику в чистом виде, полностью исправный, укомплектованный в соответствии с договором. Целесообразно проводить окраску двигателя. Все мощностные, экономические, экологические и др. показатели двигателя после ремонта должны удовлетворять требованиям изготовителя и национальным требованиям, например, по содержанию вредных веществ в выхлопных газах.

При текущем ремонте заказчику возвращаются все замененные в процессе ремонта части. Это не касается ремонта по гарантии.

Ремонтная организация должна выдавать гарантии качества отремонтированного двигателя, указывая точно и определенно условия, при которых гарантия обеспечивается, и случаи, когда гарантии частично или полностью снимаются.

Целесообразно снабжать заказчика Инструкцией по использованию двигателя после ремонта, в которой могут указываться ограничения режимов работы двигателя на первом этапе эксплуатации после ремонта. При этом обязательно указывается и продолжительность этого начального этапа, в течение которого действуют ограничения.

Восстановление блока цилиндров двигателя, гильз цилиндров ДВС, шатунов

Причины изнашивания деталей двигателя

Среди агрегатов тракторов и автомобилей наиболее быстро изнашиваемый и наименее надежный и долговечный агрегат — двигатель.

В процессе эксплуатации тракторов и автомобилей за двигателями ведется постоянный контроль, тщательное обслуживание, словом, уделяется им максимум внимания, и все же первыми из всех агрегатов они выходят из строя. Это объясняется тем, что детали двигателя подвержены активному химическому и механическому воздействию и нагружены значительными усилиями.

В большинстве случаев сроком службы двигателей определяется межремонтный срок работы тракторов и автомобилей. В свою очередь, срок службы двигателей обуславливается долговечностью его ответственных В большинстве случаев сроком службы двигателей определяется межремонтный срок работы тракторов и автомобилей. В свою очередь, срок службы двигателей обуславливается долговечностью его ответственных деталей.

В двигателях наиболее быстро изнашиваются поршневые кольца, поршни, цилиндры, клапаны, коленчатый вал, шатунные и коренные подшипники коленчатого вала.

Обычно срок службы автотракторных двигателей определяется износом поршневых колец, канавок поршней, цилиндров, подшипников и шеек коленчатого вала, а также неплотностью прилегания клапанов к гнездам.

Появление этих неисправностей приводит к необходимости разборки двигателя с последующим сложным ремонтом.

Неисправности и дефекты остальных узлов и деталей, несомненно, влияют также на техническое состояние двигателя в целом, но их ремонт не вызывает необходимости полной разборки двигателя, и эти дефекты могут быть устранены путем замены неисправных узлов и деталей новыми или отремонтированными.

На износ поршневых колец, канавок поршня, цилиндров, шеек коленчатого вала, клапанов и других деталей оказывают влияние многие факторы. Некоторые из них, например температура, при благоприятных обстоятельствах оказывают умеренное влияние и, наоборот, при неблагоприятных обстоятельствах ускоряют изнашивание деталей в несколько раз.

Срок службы детали в первую очередь зависит от качества материала, из которого она изготовлена, ее термической и механической обработки точности сборки машины и от других конструктивных и производственных факторов.

Практика показывает, что при одних и тех же конструктивных данных и одинаковых производственных условиях изготовления решающее влияние на срок службы деталей оказывают условия эксплуатации, в частности режимы работы машин. Так, при работе двигателей важнейшие факторы, влияющие на изнашивание деталей, — это абразивная среда, число пусков и остановок, температурный и нагрузочный режимы, вибрация и деформация деталей.

Дорожные и климатические условия и резкое различие режимов полевых и транспортных работ обуславливают частое изменение скоростей и длительное применение пониженных передач с высокой степенью использования большого крутящего момента, что приводит к резкому изменению температурного и нагрузочного режимов работы двигателя.

В результате проведенных испытаний тракторов установлено, что темп изнашивания многих деталей не находится в прямой зависимости от наработки машин, а обуславливается в большей степени конкретными условиями работы. В частности, разброс интенсивности изнашивания одноименных деталей в масштабе страны характеризуется коэффициентом вариации 0,625.

Скорость изнашивания деталей непрерывно меняется в зависимости от того, с какой активностью действуют в данный отрезок времени на изнашивание такие факторы, как пылезасоренность воздуха, число запусков и их длительность, температура окружающего воздуха, неравномерность нагрузочного и температурного режимов и т. п.

Восстановление блока цилиндров двигателя

Износ блока цилиндров. Блоки цилиндров могут иметь следующие дефекты: износ отверстий под втулки толкателей, втулки распределительного вала, палец промежуточной шестерни и установочные штифты; износ резьбовых отверстий, коробление, износ или нарушение соосности гнезд под вкладыши

коренных подшипников; облом кромки гнезда под уплотнительное кольцо гильзы; трещины в стенках водяной рубашки, ребрах жесткости и картере.

Восстановление блока. Все перечисленные износы и дефекты могут быть устранены.

Изношенные отверстия под втулки толкателя, втулки распределительного вала и палец промежуточной шестерни растачивают, запрессовывают в них втулки и развертывают эти втулки до нормальных размеров. После расточки в эти отверстия могут быть поставлены детали ремонтного размера, увеличенные по наружному диаметру.

Втулки можно запрессовывать с применением клеев на основе эпоксидных смол. В этом случае при посадке втулки может быть допущен несколько меньший натяг.

Гнезда под втулки и втулки после запрессовки в блок растачивают при помощи приспособления, обеспечивающего сохранение расстояний между осями отверстий под вкладыши коренных подшипников, втулок распределительного вала и пальца промежуточной шестерни.

Отверстия под установочные штифты восстанавливают в таком порядке. Блок поворачивают задним торцом вверх, на нем крепят специальный кондуктор, фиксируемый по отверстию под втулку распределительного вала и гнезду коренного подшипника коленчатого вала. После закрепления кондуктора изношенные отверстия рассверливают и развертывают. В увеличенные отверстия запрессовывают ступенчатые закаленные штифты, изготовленные из стали 45.

Покоробленные плоскости блока цилиндров. При короблении плоскости более 0,1 мм шлифуют на плоскошлифовальном или радиально-сверлильном станке, применяя специальное приспособление.

При нарушении соосности постелей в блоке под вкладыши коренных подшипников вследствие износа и деформации крышек и поверхностей постелей опорные поверхности крышек шлифуют на плоскошлифовальном станке, уменьшая высоту на 0,3 мм. После этого крышки устанавливают на место, затягивают гайками и растачивают на специальном или продольно-расточном станке до нормального размера отверстия. Чтобы получить чистую поверхность, соответствующую 8-му классу, подача резца должна быть минимальной. После расточки поверхности гнезд должны быть гладкими, строго цилиндрическими и соосными. Относительное смещение двух смежных гнезд должно быть не более 0,03 мм, а относительное смещение всех гнезд — не более 0,05 мм. Соосность проверяют специальной скалкой с индикаторами.

Поврежденные места под резиновое уплотнительное кольцо в блоке восстанавливают следующим образом. Неровности изломанного места зачищают и снимают фаску. Изготавливают из стали марки Ст. 3 кольцо и вырезают из него кусок по размерам подготовленной части гнезда. Вкладывают в канавку под резиновое кольцо специальный медный сегмент и прижимают к

канавке винтом. Приваривают кусок кольца к подготовленному месту по всей длине, после чего вынимают медную вставку из канавки и зачищают шов. Если длина отломанной части больше $1/3$ окружности посадочного места, новую часть приваривают способом «вразброс». Допускается приварка биметаллическими электродами.

Трещины в блоках цилиндров обычно заваривают электродами ЦЧ-4 или проволокой Св-08.

На наружной поверхности водяной рубашки трещины можно заделывать заплатами, приклеивая их клеем БФ-2 или клеями на основе эпоксидных смол.

Контроль. Блок цилиндров — основная базовая деталь, на которой в строго определенном положении (координации) монтируют все узлы и механизмы двигателя. Жесткость и прочность блока цилиндров обуславливает нормальное взаимодействие деталей и узлов двигателя. Поэтому после ремонта необходимо проверять коробление и износ опорных и установочных (базисных) поверхностей блока на поверочной плите при помощи индикаторных приспособлений и щупа.

Ось постелей под коренные подшипники должна быть параллельна верхней плоскости и перпендикулярна торцовым плоскостям блока.

Оси цилиндров должны быть перпендикулярными к оси коленчатого вала и быть с нею в одной плоскости.

После ремонта блоки цилиндров подвергают гидравлическому испытанию на герметичность под давлением воды до 0,4 МПа в течение 5 мин. При этом течь воды и «потение» стенок блока не допускаются.

Износ деталей цилиндро-поршневой группы

Износ деталей цилиндро-поршневой группы зависит от целого ряда факторов.

Цилиндры (гильзы) изнашиваются в основном в результате трения поршневых колец, действия абразивных частиц о поверхности цилиндров и коррозии.

В процессе сгорания топлива в цилиндре резко повышаются температура и давление газов. Газы проникают за поршневые кольца и прижимают их к зеркалу цилиндра, вследствие чего повышается удельное давление колец на поверхность цилиндра.

Возрастание удельного давления поршневых колец на стенку цилиндров приводит к резкому увеличению силы трения во время движения колец, выдавливанию масляного слоя из-под них, вследствие чего между кольцами и цилиндром возникает граничное трение.

Образование граничного трения между первым поршневым кольцом и цилиндром способствует также неплотное прилегание кольца к поверхности цилиндра по окружности. Даже при незначительном просвете между ними

масляная пленка с поверхности цилиндра сдувается газами, проникающими через эти неплотности, в результате чего между поверхностями кольца и цилиндра возникает граничное трение. Кроме того, при высоких температурах вязкость масла резко снижается, что влечет за собой уменьшение прочности масляной пленки, и она местами разрывается.

Исследования влияния вязкости масла на износ цилиндров и механические потери в тракторных и автомобильных двигателях показали, что износ, вызванный электростатическими явлениями при трении, может составлять заметную часть общего износа. С понижением вязкости электростатическая прочность тонких масляных пленок уменьшается.

Восстановление цилиндров и гильз. Технология восстановления цилиндров и гильз в основном зависит от их конструкции. Цилиндры автотракторных двигателей конструктивно выполняются различно. У одних двигателей цилиндры отлиты и расточены непосредственно в блоке, в цилиндры запрессованы короткие гильзы из легированного чугуна. Все современные тракторные и комбайновые двигатели, как правило, выполнены со сменными гильзами.

Гильзы тракторных двигателей в целях увеличения сроков службы отливают из легированного чугуна СЧ 21-40 и подвергают поверхностной закалке до получения твердости не ниже HRC 40.

Для выявления износа гильзу цилиндра (или цилиндр) измеряют индикаторным нутромером в двух взаимно перпендикулярных плоскостях на расстоянии 15—30 мм от верхней кромки и посередине и определяют ремонтный размер, под который необходимо расточить цилиндр.

К полученному размеру цилиндра в максимально изношенном участке добавляют два припуска на невыход резца и на последующую обработку. Ближайший ремонтный размер цилиндра должен быть больше (или равен) расчетному, т. е.

$$D_{p.p} \geq D_{расчетное} = d_{max} + 2(a + б)$$

где $D_{p.p}$ — ремонтный размер цилиндра, мм;

d_{max} — наибольший диаметр изношенного цилиндра;

a — припуск на невыход резца (0,02—0,03 мм);

$б$ — припуск на последующую обработку (0,02—0,03 мм).

Припуск на невыход резца обеспечивает работу резца в металле. В случае выхода на поверхность металла возможно скольжение резца на поверхности с последующим резким его заглублением, приводящим к искажению формы обрабатываемой детали.

При таком способе определения ремонтного размера возможны случаи, когда некоторые участки цилиндра останутся необработанными. Объясняется это неравномерным износом цилиндра. При одностороннем износе цилиндра, если $D_{р.р} = D_{расчетное}$ или отличается от него на 0,05—0,1 мм, следует проверить расчетный размер по формуле:

$$D_{расчетное} = d_1 + 2(d_{max} - d_1) + 2(a + b)$$

где d_1 — предыдущий ремонтный или номинальный размер (или диаметр цилиндра в неизношенном участке), мм.

Для тракторных гильз принят один ремонтный размер. Для цилиндров автомобильных двигателей принято большее число ремонтных размеров, например через 0,5 мм. Промышленностью выпускаются ремонтные поршни и кольца, соответствующие ремонтным размерам гильз и цилиндров.

При расточке под ремонтный размер восстанавливают геометрическую форму и чистоту поверхности гильзы. Расточку ведут на специальных расточных станках (типа 2В-697) или на токарных станках в соответствующих кондукторах. Гильзы закрепляют в кондукторах посадочными местами и верхним буртиком. Предварительно эти места должны быть тщательно очищены от остатков накипи и возможных заусенцев. Гильзы и блоки на станке центрируют при помощи оправки, вставляемой в шпиндель станка. При этом шаровой конец оправки должен находиться от оси шпинделя на расстоянии, равном половине диаметра растачиваемого цилиндра, и входить в цилиндр на глубину 3—4 мм.

Центрирование гильзы достигается поворотом шпинделя.

Во время расточки цилиндров в блоке каждый цилиндр центрируют отдельно, после чего закрепляют кондуктор (или блок) на станке. Затем оправку заменяют резцовой головкой.

При расточке оставляют припуск (0,03—0,05 мм) на хонингование, при котором обрабатывают цилиндр до точного размера и придают ему гладкую чистую поверхность.

Для хонингования гильз используют хонинговальные или сверлильные станки с хонинговальными головками. При хонинговании зернистость бруска выбирают в зависимости от требуемой чистоты поверхности цилиндра, а твердость связки — в зависимости от характера операции и твердости обрабатываемого материала. Например, при обработке цилиндров двигателя ЗИЛ-120 (из серого чугуна СЧ 18-36 твердостью НВ 179-229) для предварительной доводки применяют бруски из зеленого карборунда зернистостью 120 и твердостью С2-СТ, а для окончательной — бруски из зеленого карборунда зернистостью 400 и твердостью СМ-СМ1, при этом получают шероховатость поверхности 9-го класса.

При хонинговании цилиндров также применяют бруски из искусственных алмазов.

Окружную скорость при хонинговании можно принимать для предварительной обработки в пределах 60—85 м/мин и для окончательной доводки в пределах 45—60 м/мин. Скорость возвратно-поступательного движения доводочной головки принимают равной окружной скорости.

Для получения во время хонингования чистой поверхности мельчайшие частицы от износа абразивного бруска и металлическую стружку удаляют сильной струей охлаждающей жидкости (керосина или смеси из керосина и 15—20% машинного масла). Все цилиндры (или гильзы) должны быть обработаны под один размер в пределах установленного допуска на диаметр нового цилиндра.

Электрохимическое хонингование. Исследования показали, что этот способ может быть применен для восстановления закаленных гильз цилиндров автотракторных двигателей до ремонтных размеров без расточки. При этом возможно удаление больших припусков с высокой производительностью и исправление погрешностей формы изношенного отверстия в пределах снимаемого припуска.

Производительность электрохимического хонингования по сравнению с механическим в 5—6 и более раз выше и характеризуется линейной зависимостью от плотности тока и времени обработки. Оптимальная скорость движения хонинговальных брусков составляет 100—120 м/мин.

Механизм выравнивания микро - и макронеровностей поверхности определяется механическим действием брусков и происходит за счет депассивации вершин выступов (депассивация – процесс обратный пассивированию металлов т. е перевод в пассивное состояние, при котором они становятся коррозионноустойчивыми). Шероховатость поверхности после выравнивания микро - и макронеровностей зависит от зернистости алмазных брусков и незначительно от удельного давления и скорости движения брусков. Алмазные бруски АСМ28 обеспечивают получение 9-го класса чистоты поверхности по ГОСТ 2781-59.

После окончания обработки для удаления с зеркала цилиндра абразивной пыли его промывают теплой мыльной водой или чистым керосином и сушат.

Овальность и конусность цилиндра должны быть в пределах, допускаемых техническими условиями для данного двигателя. Рабочая поверхность цилиндра должна быть чистой, без следов обработки резцом, царапин, задиров и забоин.

Все окончательно обработанные гильзы сортируют по внутреннему диаметру по размерным группам через 0,02 мм для комплектования с поршнями соответствующей размерной группы.

При необходимости гильзования цилиндр растачивают согласно размерам гильз.

Цилиндры под гильзы растачивают с несколько измененными режимами резания (увеличенной подачей и глубиной резания).

Наружную поверхность гильзы обрабатывают так, чтобы ее можно было запрессовать в блок с натягом в пределах 0,10—0,15 мм. Внутреннюю поверхность гильзы растачивают с припуском 2,5—3,0 мм на расточку и хонингование после запрессовки в блок цилиндров.

Перед запрессовкой гильз блок цилиндров целесообразно нагревать до температуры 100—120 °С; при запрессовке без подогрева гильзу с наружной стороны смазывают тонким слоем масла.

Гильзы запрессовывают при помощи 20-тонного гидравлического пресса. После запрессовки торец гильзы должен располагаться заподлицо с плоскостью разъема блока или утопать не более чем на 0,2 мм.

Блок с запрессованными гильзами подвергают гидравлическому испытанию под давлением воды 0,4 МПа в течение 2—3 мин. Течь воды при этом не допускается. Допускается только отпотевание на участке не выше 50 мм от нижнего края гильзы. Гильзованные цилиндры растачивают и хонингуют до нормального размера так же, как и при обработке под ремонтный размер.

Восстановление поршневых пальцев. Поршневые пальцы могут быть восстановлены хромированием, плазменным напылением или раздачей с последующей термообработкой, шлифованием и сортированием на размерные группы. Наиболее распространено хромирование. Оно выполняется в определенной технологической последовательности.

Вначале поршневые пальцы шлифуют на бесцентрово-шлифовальном станке для придания им правильной геометрической формы. Промытые и высушенные поршневые пальцы монтируют на подвеску.

Затем их обрабатывают в ванне для электролитического обезжиривания в электролите, содержащем едкий натр, кальцинированную соду, 2—5 г/л жидкого стекла. Промывают в горячей (70—80 °С), затем в холодной воде. Проводят анодное декапирование в ванне для электролитического декапирования в электролите. $T = 0,5 - 1$ мин.

После этого проводят хромирование (в ванне МН-2-58Х-2-7) электролите, содержащем 150—200 г/л хромового ангидрида и 1,5—2 г/л серной кислоты. Режим: $t = 57$ °С, ДК = 35 ч-40 А/дм².

Время T хромирования определяется по формуле в зависимости от толщины наносимого покрытия и припусков на последующую обработку.

После хромирования поршневые пальцы промывают в дистиллированной, а затем в холодной проточной воде. Обезводороживание выполняют в сушильном шкафу при температуре 150—1800 °С в течение 2—3 ч.

Заключительные операции — шлифование, полирование и сортировка пальцев на размерные группы по наружному диаметру.

Технология ремонта шатуна

Конструкция шатуна приведена на рисунке.



Рисунок - Шатун

Ремонт большого отверстия

При хонинговании на токарном станке разжим брусков осуществляется гайкой, расположенной на корпусе при остановленном шпинделе. При хонинговании на установке разжим производится без остановки шпинделя и производительность обработки в 2-3 раза выше, чем при обработке на токарном станке. Установка имеет бесступенчатый (частотный) регулятор числа оборотов, ножной привод включения и выключения оборотов, может комплектоваться практически любым асинхронным двигателем, бесшумна в работе, т.к. имеет только клиноремённую передачу, малые габариты.

Для хонингования большого отверстия изготавливаются три типоразмера хонголовок: Ш45...55; Ш50...75; Ш72...100. Переход с одного диаметра на другой производится путем замены опорного сектора в течение 3 минут. Каждому диаметру обработки соответствует свой сектор. Материал сектора – чугун, алюминиевый сплав.

Ремонт малого отверстия шатуна:

Восстановление втулок верхних головок шатунов. Изношенные по внутреннему диаметру втулки обычно развертывают под поршневой палец увеличенного размера или заменяют новыми.

Изношенные втулки могут быть восстановлены осадкой в зависимости от конструкции в самом шатуне или после выпрессовки. втулки осаживают при помощи специального приспособления и 20-тонного пресса. При осадке втулки по длине уменьшается ее внутренний диаметр. Для получения точного размера и чистой гладкой поверхности втулки подвергают сначала черновому, а затем чистовому развертыванию или растачиванию. В зависимости от диаметра втулку растачивают при скорости резания 200—500 м/мин, подаче 0,03—0,10 мм/об и глубине резания 0,05—0,45 мм.

Восстановление коленчатых и распределительных валов

Устройство коленчатого вала приведено на рис. 1.

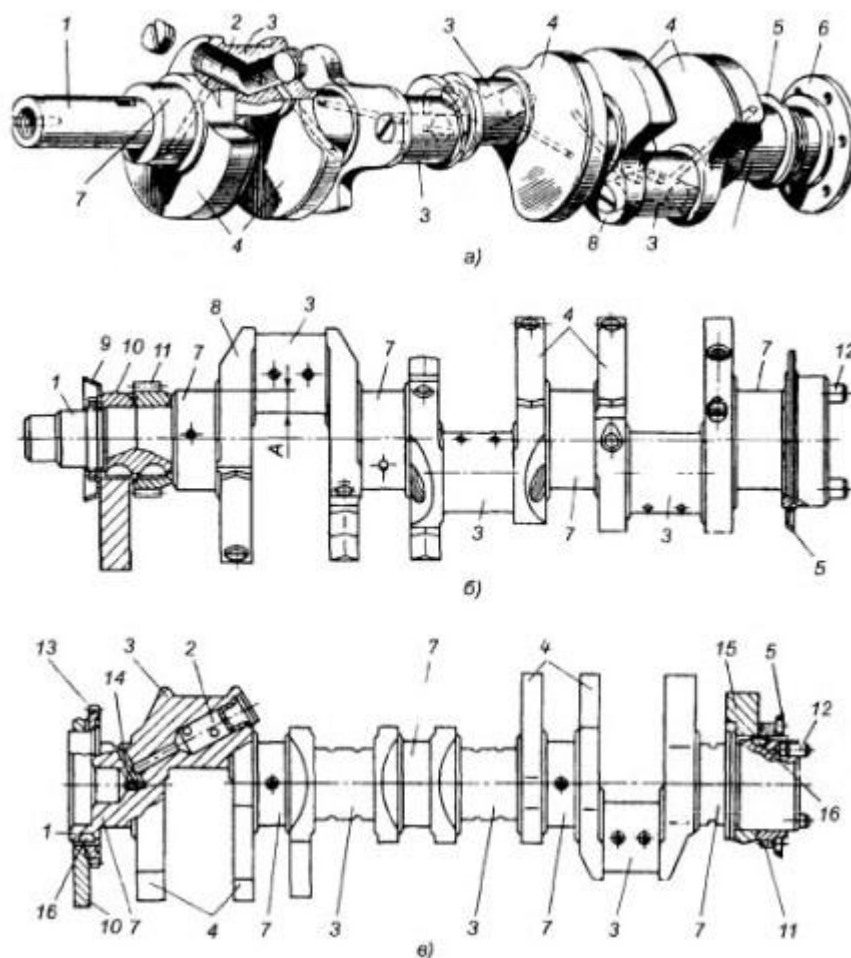


Рисунок 1 - Устройство коленчатого вала ДВС

Применительно к деталям ДВС коленчатый вал является самой дорогостоящей либо второй по величине стоимости деталью. На ремонт автомобильной и СДМ приходится до 70% затрат. Предельные износы 85% деталей не превышают 0,3 мм, причем многие из них имеют остаточные ресурсы 60% и более и только 20% деталей автомобилей и тракторов, поступающих в ремонт, подлежат окончательной выбраковке. Остальные можно восстановить, причем себестоимость восстановления составит 15...70% от себестоимости изготовления.

Как показывает практика, малогабаритные коленчатые валы, дешевле заменить на новые, а крупногабаритные экономичней восстанавливать в этом случае восстановление позволяет получить значительную экономию материальных, производственных и трудовых ресурсов. В связи с этим повышение технологического обеспечения качества восстановления коленчатого вала на основе комплексного изучения базовой операции металлопокрытия, служащей для формирования вторичной заготовки

восстанавливаемой детали, и дальнейшей механической обработки явилось актуальной задачей

Коленчатые валы автомобильных двигателей изготавливают из углеродистых и легированных сталей или из высокопрочного магниевого чугуна. Коренные и шатунные шейки подвергаются закалке ТВЧ на глубину 1,5-3 мм, твердость шеек HRC 50...62

В процессе работы на коленчатый вал действуют силы трения, вибрации, знакопеременные нагрузки, среда и др. Это вызывает (см. рис. 1) износ шатунных и коренных шеек (износ до 0,1 мм), они изнашиваются неравномерно: по длине принимают форму конуса, по диаметру овала (нецилиндричность до 0,08 мм); нарушение качества поверхности шеек (задиры, риски, коррозия); механические повреждения (трещины, дефекты резьб); прогиб коленчатого вала (биения до 0,150 мм); износ отверстий во фланце под подшипник ведущего вала коробки передач. Прогиб коленчатого вала, а приводит к нарушению перпендикулярности оси вала к оси цилиндра, вследствие чего условия смазки сопряженных поверхностей ухудшаются, масляная пленка на трущихся поверхностях разрушается, появляется граничное или сухое трение.

Возникающие дефекты валов (рисунок 2) устраняют обработкой шеек под ремонтный размер (РР) шлифованием с последующим полированием, различными видами наплавки или плазменным напылением. Прогиб вала устраняют пластическим деформированием (правкой).

Основные методы восстановления валов, применяемые в авторемонтном производстве можно условно разделить на методы позволяющие восстановить номинальный размер и исходную геометрию вала и методы, использующие восстановление под «ремонтный размер», то есть под размер, для которого существует возможность применения «ремонтных» деталей.

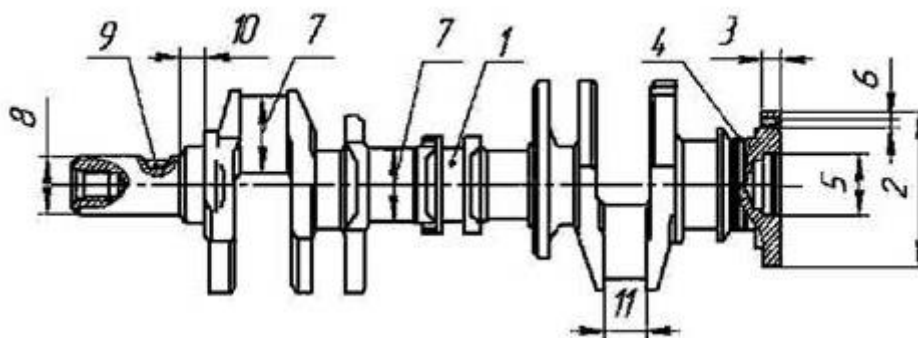


Рисунок 2 – Основные дефекты коленчатого вала

1 – изгиб вала; 2 – износ наружной поверхности фланца; 3 – биение торцевой поверхности фланца; 4 – износ маслосгонных канавок; 5 – износ отверстия под подшипник; 6 – износ отверстий под болты крепления маховика; 7 – износ коренных и шатунных шеек; 8 – износ шейки под шестерню и ступицу шкива; 9 – износ шпоночной канавки по ширине; 10 – увеличение длины передней коренной шейки; 11 – увеличение длины шатунных шеек

Восстановление посадочных поверхностей валов под номинальный размер может осуществляться следующими методами:

1. Напыление представляет собой нанесение под высоким давлением воздуха расплавленного металла на поверхность вала. По способу расплавления металла различают электродуговое, газопламенное, высокочастотное, плазменное и детонационное напыление. Наполненное таким образом покрытие имеет низкую прочность сцепления с основой, но при этом не происходит высокого нагрева поверхности, изменения структуры материала детали, не возникает коробление, не снижается усталостная прочность.

Нанесение покрытий методом плазменного напыления (рис.3) является разновидностью газотермических покрытий (детонационное, газоплазменное, электродуговая металлизация, плазменное напыление / наплавка).

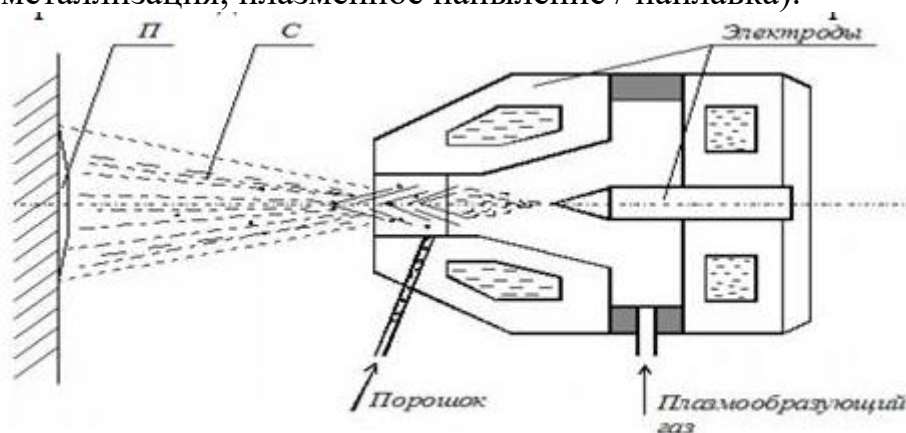


Рисунок 3 – Напыление под высоким давлением

2. **Наплавка.** В отличие от напыления наплавка (рис.4) осуществляется путем формирования слоя металла, расплавляемого непосредственно на поверхности вала или оси. Различают наплавку под слоем флюса, в среде защитных газов, газовую, вибродуговую и электродуговую. Можно наносить слои металла практически любой толщины, нанесенный слой отличается высокой твердостью, но при этом происходит сильный нагрев вала, вызывающий коробление и изменение структуры поверхностного слоя металла, появляются затруднения в последующей механической обработке осажденного слоя ввиду его высокой твердости.



Рисунок 4 – Наплавка шатунных и коренных шеек коленчатого вала

3. Термопластическое деформирование представляет собой изменение геометрических размеров оказывая механическое воздействие (осадка, вытяжка, высадка, протяжка, правка и так далее) на предварительно разогретую деталь. Таким методом можно проводить правку осевых деформаций валов, а также устранять некоторые погрешности формы поверхностей. Способ весьма ограничен в применении из-за его технологического несовершенства и трудностями в обеспечении требуемых результатов.

4. Гальваническое осаждение представляет собой формирование слоя металла на восстанавливаемой поверхности путем электрохимического осаждения из электролита. Способ обладает рядом преимуществ, такими как отсутствие нагрева детали, возможность нанесения слоя любого металла или их комбинации с заданными свойствами и требуемой толщины, возможность нанесения слоев металла с различными свойствами.

5. Полимерно-композитными материалами – формируется на предварительно подготовленной восстанавливаемой поверхности слой полимерной композиции с последующим ее отверждением. Отремонтированные коленчатые валы должны отвечать техническим условиям [9]

6. Процесс электроконтактной приварки (ЭКП) является наиболее производительным и экономичным способом сварки, с помощью которой можно соединять между собой большинство известных металлов и сплавов. Основными ее преимуществами являются: концентрированное выделение тепла, вследствие его нагрев свариваемых металлов распространяется на сравнительно малую глубину; большая скорость нарастания температуры, которая позволяет соединять между собой металлы с резко различными теплофизическими свойствами; точное дозирование выделяемой энергии, обеспечивающее

стабильность процесса; высокая производительность; универсальность; экологичность и благоприятные санитарно - производственные условия. В области ремонта сельскохозяйственной техники известны научные работы, в которых решены различные задачи с использованием электроконтактной приварки стальной ленты. Однако при реализации данного способа возможно возникновение дефектов при формировании покрытия в виде микротрещин и трещин на поверхности покрытия, выплесков привариваемого слоя, недостаточной прочности соединения покрытия с основным металлом и других составляющих процесса. Предупредить данные дефекты покрытий из металлических лент возможно путем их ЭКП через промежуточный слой, который может выполнять самые разнообразные функции: снижать химическую неоднородность в зоне соединения; снижать остаточные напряжения и устранять влияние различия в значениях коэффициента линейного теплового расширения свариваемых материалов; предотвращать их пластическую деформацию; существенно снижать основные параметры режима ЭКП (сварочное давление, сила тока и время импульса) при одновременном обеспечении высокой прочности соединений, что имеет наиболее важное значение.

Технологическая схема процесса формирования покрытий ЭКП металлической ленты через промежуточный слой существенно не отличается от существующих методов ЭКП, несмотря на их существенное различие, поэтому далее внимание будет уделено вопросам контролю, подготовки металлической ленты, промежуточного слоя и восстанавливаемой цилиндрической поверхности их ЭКП, а также качеству приваренного покрытия. Широкая номенклатура предлагаемых материалов позволяет выбирать для ЭКП марку ленты, исходя из существующих рекомендаций на восстановление деталей машин сельскохозяйственной техники в зависимости от условий эксплуатации. Далее приготовленные заготовки из лент очищают от грязи, масел, оксидов и гидрооксидов механическими, химическими, вибрационными, ультразвуковыми, дробеструйными и другими методами, так как наличие загрязнений и окисных пленок в зоне соединения влечет за собой снижение прочностных и других характеристик соединяемых материалов. На привариваемую поверхность ленты, подготовленную к ЭКП, не допускается попадание масла, пыли, влаги и образования на ней конденсата. Промежуточный слой - металлический порошок. Порошки характеризуются размером частиц - средним либо предельными размерами фракции, типичные значения которых лежат в пределах 1...50 мкм. Они могут отличаться по форме и методу изготовления, а также зависят от фирмы-производителя. Промежуточный слой - аморфная лента, новый класс материалов, обладающих высокими физико-механическими и химическими свойствами (табл. 1).

Таблица 1 – Основные физико-механические и химические свойства материалов

Производитель	Наименование	Толщина, мкм
МИФИ-АМЕТО, Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва	СТЕМЕТ:	
	на основе меди — 1101	30...50 40...60
	на основе титана — 1201, 1202 на основе циркония — 1409 на основе никеля — 1301, 1311	40...60 До...60
Научно- производственное предприятие ГАММАМЕТ, г. Екатеринбург	СПАЙМЕТ: на основе меди — СМ701; СМ710; на основе никеля — СМ610; СМ621	20...50
ОАО МСТАТОР, Новгородская область, г. Боровичи	АМАГ	15...30

Заготовки из аморфных лент для промежуточного слоя вырезают по аналогии с металлическими лентами. Подготовка восстанавливаемой цилиндрической детали для ЭКП включает в себя правку центровых фасок на токарном станке центральной зенковкой или резцом, шлифовании шеек на круглошлифовальном станке до диаметра шеек меньше номинального на 0,3 мм и чистоты поверхности не ниже 7-го класса ($R_a \approx 1,6$ мкм), мойку и сушку. Материалы для восстановления деталей ЭКП существенно отличаются друг от друга по составу и физико-химическим свойствам, поэтому они требуют различного подхода при решении задач, связанных с ЭКП, выбором режимов ЭКП.

Электроконтактная приварка лент из углеродистой и низколегированной стали из-за их дешевизны широко используется в технологических процессах восстановления деталей из углеродистой стали и чугуна, не подверженных ударным и вибрационным нагрузкам, производится через промежуточный слой из порошка на основе высокопрочного или пластичного модифицированного чугуна, а также через промежуточный слой из аморфной ленты на медной основе.

Технологический процесс восстановления коленчатых валов дизельных двигателей представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Технологический процесс восстановления коленчатых валов двигателей

№ п.п.	Наименование операции	Цель технологической операции
1	Моечная	Тщательная очистка коленчатого вала
2	Слесарная	Зачистка шеек перед дефектоскопией
3	Дефектовочная	1. Магнитная дефектоскопия; 2. Контроль-сортировка
4	Круглошлифовальная	Предварительная шлифовка с минимальным припуском или на 0,5 мм меньше последнего ремонтного размера
5	Слесарная	Удаление, если возможно, трещин
6	Дефектовочная	Контрольная магнитная дефектоскопия
7	Термическая	Предварительный подогрев шеек коленчатого вала до температуры от 100 °С до 250 °С
8	Наплавочная	Наплавка шеек в-ала (центральную часть шейки – порошковой проволокой марки ПП-Нп-35В9Х3СФ, галтели – проволокой сплошного сечения марки Нп-30ХГСА
9	Термическая	Отпуск при температуре 500 °С в течении 1 часа
10	Токарно-винторезная	Черновое точение шеек в пределах 0,5 мм до номинального размера
11	Слесарная	Вскрытие и зенкование масляных отверстий
12	Термическая	Нагрев коленчатого вала в пределах 340...400 °С
13	Прессовая	Правка в-ала в горячем состоянии
14	Дефектовочная	Магнитная дефектоскопия
15	Круглошлифовальная	1. Восстановление поверхности шлифовального круга к установленному заводом-изготовителем размеру радиуса галтели; 2. Чистовая шлифовка шеек коленчатого вала; 3. Полирование шеек коленчатого вала
16	Слесарная	Монтаж съемных противовесов, заглушек и других деталей
17	Балансировочная	Динамическая балансировка коленчатого вала
18	Дефектовочная	Окончательная магнитная дефектоскопия
19	Моечная	Мойка с продувкой маслоканалов
20	Контрольная	Контроль основных геометрических параметров коленчатого вала (диаметров коренных и шатунных шеек, величины биения центральной коренной шейки)
21	Упаковочная	Упаковка с консервацией

Технологический процесс восстановления распределительных валов

Распределительный вал двигателя приведен на рисунке 1, а чертеж распределительного вала шестицилиндрового двигателя на рис. 2.



Рисунок 1 – Распределительный вал двигателя

Дефекты распределительного вала

- риски, царапины, наволакивание металла и цвета побежалости на шейках вала, следы коррозии на нерабочих поверхностях кулачков;
- прогиб вала более допустимого;
- износ шеек вала более допустимого;
- износ вершин кулачков более допустимого;
- износ поверхности буртика упорной шейки вала более допустимого;
- повреждение резьбы.

○

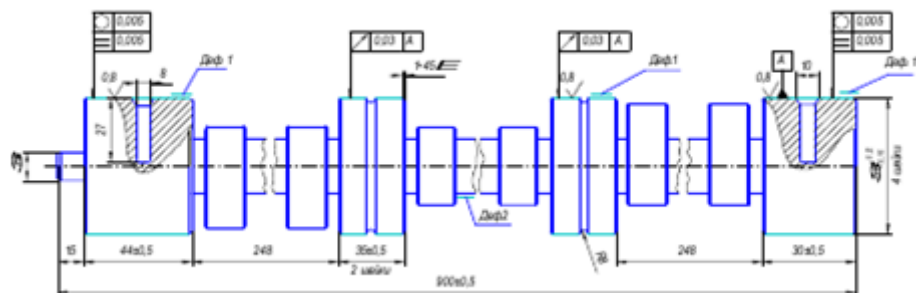


Рисунок 1 – Чертеж распределительного вала шестицилиндрового двигателя

Изнашивание опорных шеек распределительного вала приводит к люфту в газораспределительном механизме, что отрицательно сказывается на работе двигателя в целом. Изнашивание кулачка происходит в результате выкрашивания металла при воздействии значительных переменных нагрузок, приводящих к контактной усталости поверхности, ускоряющей про-

цесс изменения размерной цепи «кулачок – толкатель – штанга – коромысло», и, следовательно, к потере мощности двигателя.

В настоящее время ремонтные предприятия располагают достаточно большим числом проверенных практикой способов восстановления деталей, позволяющих вернуть работоспособность изношенным и поврежденным деталям. К ним относятся способы ремонтных размеров, дополнительных деталей, пластической деформации, электролитических и газометрических покрытий, наплавки и др. Однако не все из указанных способов восстановления деталей являются равноценными.

При использовании способа ремонтных размеров усложняется система снабжения запасными частями, технической документацией, возникает необходимость больших запасов деталей различной номенклатуры. Кроме того, многократное использование данного способа приводит к снижению запасов прочности деталей, уменьшению их износостойкости, так как при этом постепенно снимается упрочненный различными способами поверхностный слой металла.

При использовании способа дополнительных деталей значительно увеличиваются затраты на восстановление изделий и это во многих случаях, приводит к тому, что указанный метод оказывается экономически неэффективным. Особенно нерационально использовать данный способ для восстановления деталей, имеющих незначительные износы.

Выбор методов восстановления кулачков и опорных шеек распределительного вала определялся величиной износа и экономической целесообразностью с учетом их экологических показателей. В связи с этим кулачки предложено восстанавливать электродуговой наплавкой, которая при максимальной простоте процесса и дешевизне применяемых материалов и оборудования является одним из самых эффективных способов. Для улучшения качеств поверхности наплавленного слоя вместо электродов марки ОЗШ-6 были применены полые электроды в стандартной обмазке, содержащие порошок с включением наноразмерных частиц твердого сплава ВК8 ВК8 [1-3]. Наноразмерные частицы карбида вольфрама получали электроэрозсионным диспергированием отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов, в частности ВК8 [4-8].

Восстановление и упрочнение деталей автотракторной техники, в том числе и импортной, методами сварки, наплавки и родственными технологиями обеспечивает экономию высококачественного металла, топлива, энергетических и трудовых ресурсов, а также рациональное использование природных ресурсов и охрану окружающей среды.

По данным Всероссийского научно-исследовательского технологического института ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка (ГОСНИТИ) 85 % деталей восстанавливают при износе не более 0,3 мм, т. е. их работоспособность восстанавливается при нанесении покрытия незначительной толщины. В частности, для распределительного вала двигателя семейства Raba-MAN массовый износ, приводящий к потере работоспособности детали, составляет в экстремальном случае всего 0,19%.

Целью работы является комплексной технологии восстановления распределительного вала дизельного двигателя Raba-MAN, обеспечивающей необходимые эксплуатационные свойства.

Вал изготавливают из стали 40Г. Размеры и требования к поверхностям опорных шеек представлены на рисунке 1. Коэффициент повторяемости дефекта по кулачкам – 0,65; по опорным шейкам – 0,25; по изгибу – 0,21. Максимальный износ кулачков по высоте достигает до 3–5 мм, а опорных шеек – до 0,25 мм на диаметр.

Изнашивание опорных шеек распределительного вала приводит к люфту в газораспределительном механизме, что отрицательно сказывается на работе двигателя в целом. Изнашивание кулачка происходит в результате выкрашивания металла при воздействии значительных переменных нагрузок, приводящих к контактной усталости поверхности, ускоряющей процесс разрушения вала.

Для того чтобы из существующих способов нанесения покрытий выбрать наиболее рациональный, необходимо правильно оценить как сами покрытия, так и применимость их для восстановления конкретных деталей.

Тема 2.7. Ремонт системы охлаждения и смазочной системы

1. Ремонт радиаторов, водяного насоса.
2. Основные дефекты и ремонт масляных насосов.
3. Восстановление смазочного фильтра (центрифуги).

Ремонт радиаторов, водяного насоса

Признаками неисправности системы охлаждения являются: подтекание охлаждающей жидкости, перегрев или переохлаждение двигателя. Кроме этого повышенный шум при работе жидкостного насоса, который возникает при

выходе из строя его подшипников, также свидетельствует о неисправности системы охлаждения.

Основные компоненты системы охлаждения приведены на рисунке 1.

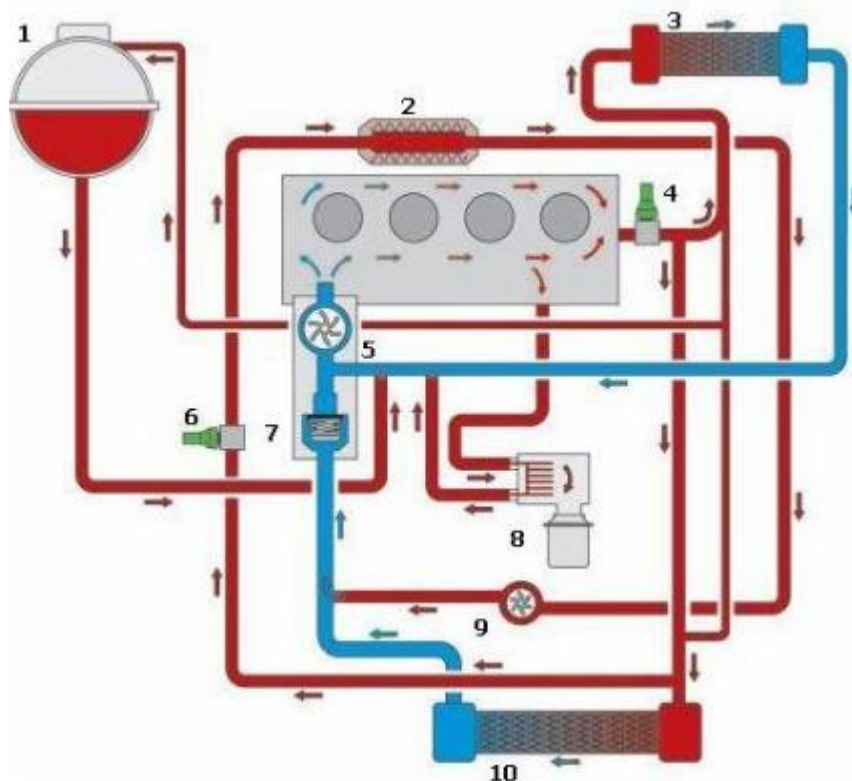


Рисунок 1- Основные компоненты системы охлаждения ДВС

1. расширительный бачок
2. радиатор системы рециркуляции отработавших газов
3. теплообменник отопителя
4. датчик температуры охлаждающей жидкости
5. насос охлаждающей жидкости
6. датчик температуры охлаждающей жидкости на выходе радиатора
7. термостат
8. масляный радиатор
9. дополнительный насос охлаждающей жидкости
10. радиатор системы охлаждения

Основные неисправности системы охлаждения.

1. Наружная утечка жидкости – течь радиатора, насоса охлаждающей жидкости, соединений системы охлаждения.
2. Внутренняя утечка жидкости – течь через прокладку головки блока цилиндров, уплотнение регулятора холостого хода (когда регулятор охлаждается антифризом и установлен на корпусе дроссельной заслонки).
3. Низкая эффективность охлаждения двигателя, что приводит к перегреву двигателя.
4. Низкая эффективность обогрева отопителя салона автомобиля.

Основные причины неисправностей системы охлаждения.

1. Негерметичность компонентов системы охлаждения из-за старения уплотнений, использования охлаждающей жидкости несоответствующей погодным условиям концентрации.
2. Трещины в рубашке охлаждения головки блока или блоке цилиндров.
3. Прогорание прокладки и коробление головки блока цилиндров.
4. Засорение радиатора охлаждения пылью и грязью снаружи и накипью и ржавчиной внутри.
5. Ослабление приводного ремня насоса охлаждающей жидкости.
6. Неисправность термостата.
7. Неисправность вентилятора охлаждения радиатора.
8. Неисправность датчика температуры.
9. Неисправность указателя температуры.
10. Низкий уровень охлаждающей жидкости.
11. Засорение радиатора отопителя снаружи и внутри.

Проверка герметичности системы охлаждения осуществляется при помощи специального прибора. Прибор устанавливается вместо пробки на голову радиатора или расширительного бачка, затем устройство создает избыточное давление в системе охлаждения 0,05-0,07 МПа. При таком давлении не допускается протекание жидкости из системы. В случае неисправности системы охлаждения протекание жидкости легко обнаруживается по падению уровня охлаждающей жидкости, а также по мокрым следам. Негерметичность соединений шлангов и фланцев патрубков устраняется подтяжкой их креплений. Поврежденные краники, пробки и шланги подлежат замене на новые.

Протекание жидкости через трещины в баке или в радиаторе устраняют запаиванием или заклеиванием. Незначительное протекание жидкости через радиатор может быть устранено при помощи специального герметика, который добавляется в радиатор вместе с охлаждающей жидкостью. Однако герметик устраняет протекание лишь на время и может оказать вредное воздействие на систему охлаждения в целом. Это вызвано тем, что герметик, попадая в радиатор, откладывается не только на поврежденном участке, но также и на остальных поверхностях, в результате этого увеличивается количество отложений на внутренней поверхности элементов системы охлаждения. Эти отложения могут ухудшить циркуляцию охлаждающей жидкости в системе охлаждения, и в результате этого нужно будет менять не только негерметичный радиатор, но также и проводить промывку всей системы охлаждения.

При наличии течи радиатора и выявлении небольших трещин можно воспользоваться специальными герметиками, которые добавляют в охлаждающую жидкость после чего средство «затягивает» трещины (рис. 2). Данный вид ремонта можно выполнить без помощи профессионалов.



Рисунок 2 - Добавка герметика в охлаждающую жидкость

Другим способом и наиболее дорогостоящим является пайка радиатора. Такой ремонт радиатора применяется в том случае, если трещины серьезные. Для устранения необходимо слить охлаждающую жидкость, снять элемент с авто, и произвести пайку в специальных условиях (рис. 3).

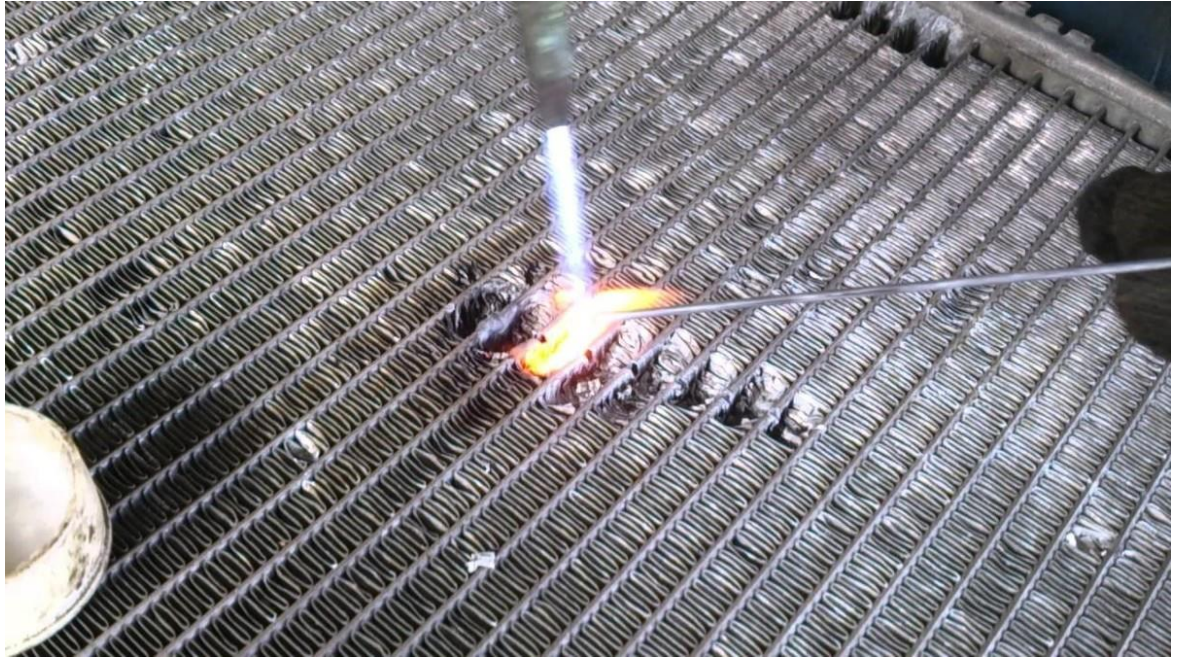


Рисунок 3 - Пайка радиатора охлаждения ДВС

Водяной насос или помпа системы охлаждения двигателя (рисунок 4) обеспечивает циркуляцию жидкости через силовой агрегат к охлаждающим элементам, чем обеспечивает постоянную рабочую температуру внутри конструкции.

Помпа охлаждения двигателя или водяной насос — это часть системы, которая охлаждает нагретый мотор. Без работоспособности системы или выхода со строя компонентов, моторы перегреваются и приносят много бед своим владельцам.

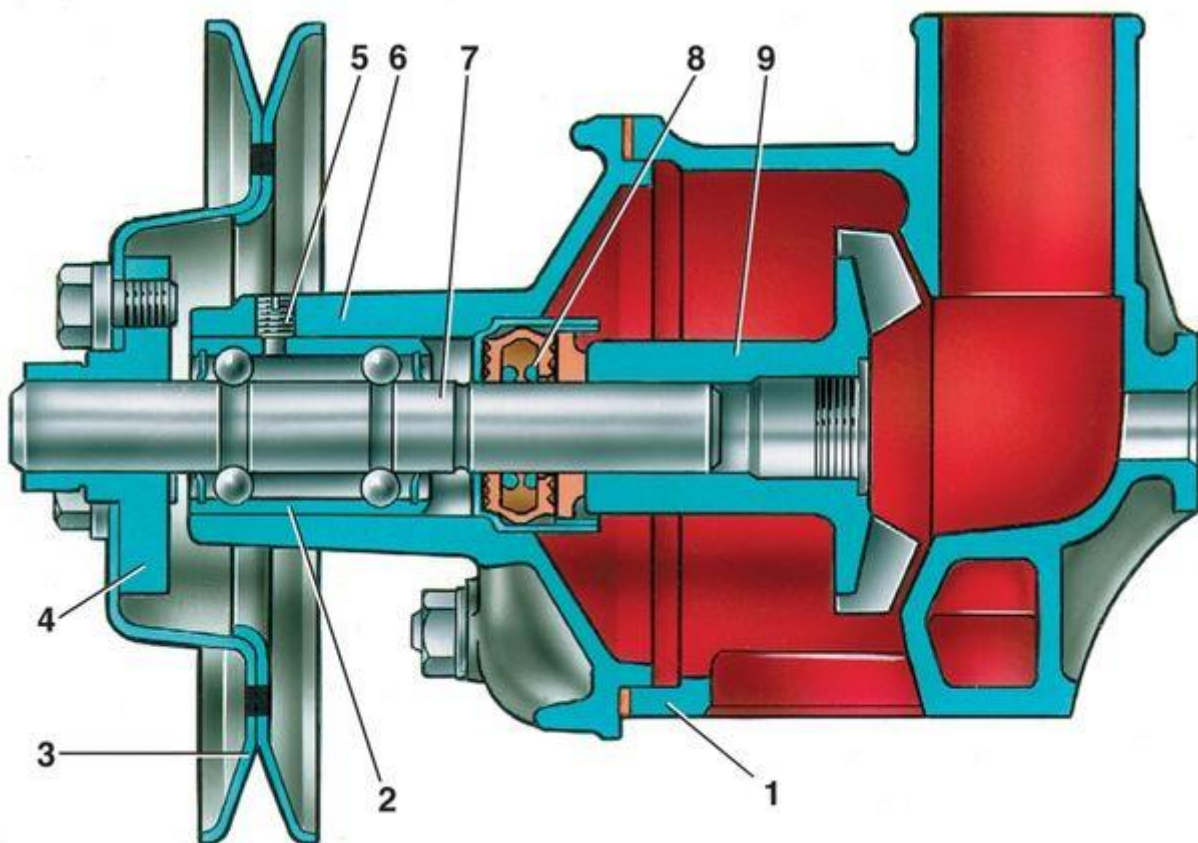


Рисунок 4 – Водяной насос или помпа системы охлаждения двигателя

Основные неисправности водяного насоса

Неисправный водяной насос может принести немало бед для владельца своего автомобиля, поскольку нарушается система циркуляции охлаждающей жидкости, что ведет к перегреву мотора. Таким образом, нужно знать и понимать, как определить неисправность помпы, а также вовремя заменить деталь.

Как распознать неисправность водяного насоса:

- При запуске двигателя на холодную слышен глухой звук с подкапотного пространства. Стоит отметить, что это может быть связано с другими неисправностями, такими как генератор или приводной ремень.
- Из-под шкива помпы видны подтеки охлаждающей жидкости. Это означает, что появился люфт между валом и корпусом, или износился резиновый уплотнитель.
- При проведении диагностики слышен люфт подшипника водяного насоса, но не видно подтеков охлаждающей жидкости. В данном случае, если помпа разборная достаточно заменить подшипник, если нет — придется менять весь элемент.

Устранение поломки водяного насоса зависит от конструктивных особенностей автомобиля. Так, если водяной насос разборной (для старых моделей автомобилей), есть возможность его перебрать, а вот для неразборных придется менять элемент в сборе.

Ремонт разборной помпы

Ремонт разборного водяного насоса стоит доверить профессионалам, поскольку они знают допустимые зазоры между валом и корпусом, а также могут определить ремонтнопригодность элемента. Так, если было решено, что насос пригодный для ремонта, необходимо провести следующие действия:

1. Снимаем ремень со шкива насоса.
2. Демонтируем сам шкив (обычно закреплен на 3 или 4 болтах).
3. Откручиваем корпус и снимаем помпу в сборе.
4. С внутренней части демонтируем крыльчатку и стопорные кольца вала.
5. Проводим выпрессовку приводного вала.
6. Выпрессуем подшипник, который наверняка остался в корпусе.
7. Теперь необходимо заменить детали, которые были изношены.
8. Сборка проводится в обратном порядке.

Основные дефекты и ремонт масляных насосов

Характерные неисправности системы смазки:

- износ деталей масляного насоса и фильтров,
- нарушение регулировок клапанов,
- потеря герметичности узлов,
- загрязнение системы.

Ремонт масляного насоса. Техническое состояние масляного насоса характеризуется его производительностью при номинальной частоте вращений ведущего валика и рабочем давлении, а также давлением открытия предохранительного клапана.

Определение износов. Перед проверкой и ремонтом масляного насоса его промывают и осматривают снаружи. При осмотре определяют износ валиков, втулок и обнаруживают другие повреждения. Затем насос испытывают на стенде на производительность и давление открытия предохранительного клапана.

Вязкость масла при этом должна быть такой же, как и при испытании насоса после ремонта, и соответствовать вязкости картерного масла у прогретого двигателя.

По результатам испытаний судят о необходимости ремонта насоса.

В случае необходимости разбирают насос, моют его детали и выявляют дефекты и износ.

У корпуса масляного насоса изнашиваются поверхности в местах сопряжения с торцами шестерен и стенки гнезд в местах сопряжения с вершинами зубьев шестерен, места посадки втулки ведущего валика и пальца ведомой шестерни.

Кроме того, изнашивается гнездо предохранительного клапана, повреждается резьба, образуются трещины.

При износе корпуса резко снижается производительность насоса.

Износ деталей предохранительного клапана приводит к нарушению его герметичности и снижению давления открытия.

У ведущей и ведомой шестерен насоса изнашиваются торцы и зубья по высоте и толщине. При износе шестерен по торцам и зубьев по высоте уменьшается производительность масляного насоса. На производительность масляного насоса износ зубьев толщине не оказывает существенного влияния. Износ наружной поверхности втулок насоса приводит ослаблению их посадки в корпусе, крышке и ведомой шестерне, а износ внутренней поверхности — к увеличению зазора между втулками, ведущим валиком и пальцем ведомой шестерни.

Несвоевременное устранение этой неисправности может быть причиной аварийного износа гнезд корпуса и выхода насоса из строя. Палец ведомой шестерни изнашивается в местах сопряжения корпусом и втулкой ведомой шестерни.

Ведущий валик масляного насоса изнашивается в местах сопряжения со втулками. При несвоевременном устранении этого износа резко увеличивается зазор и быстро изнашиваются корпус и шестерни. У валика изнашиваются также шлицы или шпоночные канавки.

На поверхностях предохранительных клапанов во время эксплуатации появляются риски, задиры, местные износы, вследствие чего нарушается герметичность клапана. Отложение на клапане смолистых веществ приводит к его залеганию.

На клапанах шарикового типа появляются кольцевые выбоины риски. Витки пружины клапанов при длительной работе стираются, что приводит к потере ими упругости, а иногда и к поломке.

Устранение износов. Износ поверхности корпуса, сопрягаемой с крышкой, устраняют шлифовкой или припиливанием с последующим шабрением.

Неплоскостность торцовой поверхности измеряют при помощи иглы и щупа.

Утопание нагнетательных шестерен относительно торцовой верхности корпуса измеряют при помощи линейки и щупа.

Наибольшую трудность представляет восстановление изношенных колодцев корпуса насоса. Колодцы восстанавливают меднением, мелированием, наплавкой меди или латуни, эпоксидными смолами, также расточкой гнезд с последующей запрессовкой вкладышей. Расточка гнезд с последующей постановкой вкладышей наиболее простой способ восстановления корпуса.

Изношенные отверстия под втулку валика и палец шестерни развертывают и в них запрессовывают втулку увеличенного размера.

Посадочное место шариковых клапанов восстанавливают зенкованием до выведения следов износа с последующей осадкой шарика по гнезду.

Изношенные клапаны плунжерного типа восстанавливают притиркой.

Трещины, обнаруженные в корпусе, заваривают сваркой или запаивают твердыми припоями.

Крышку масляного насоса с изношенной торцовой поверхностью шлифуют или припиливают и затем шабруют. Отверстие под втулку разворачивают и в него запрессовывают втулку увеличенного размера.

Втулки с изношенной наружной поверхностью восстанавливают осадкой в корпусе или крышке. При износе внутренней поверхности втулки обычно выбраковывают.

Изношенные пальцы и валики восстанавливают наплавкой с последующими проточкой и шлифованием шеек, а также фрезерованием шлицев.

У маслоприемника насоса может быть оборвана и повреждена сетка, а также нарушена плотность соединения его с корпусом масляного насоса.

Порванные места сетки запаивают. При этом общая площадь запайки не должна превышать 10%.

У привода масляного насоса изнашиваются втулки кронштейнов, валики и соединительные муфты. Изношенные детали восстанавливают обычными способами.

Обкатка и испытание. Отремонтированный масляный насос обкатывают, испытывают и регулируют на специальных стендах.

В процессе обкатки насоса не должно быть постороннего шума, перегрева деталей, просачивания масла в местах соединений и через предохранительный клапан. После обкатки регулируют предохранительный клапан.

По окончании ремонта масляного насоса проверяют его на производительность при нормальной частоте вращения и определенном противодавлении в соответствии с техническими условиями.

Масляные насосы большинства автомобильных двигателей испытывают только на развиваемое давление.

Восстановление смазочного фильтра (центрифуги)

Качество очистки масла от продуктов износа и других примесей зависит от состояния масляных фильтров.

Основные неисправности. Масляные фильтры после разборки промывают и дефектуют.

У фильтров двигателей с центробежной очисткой масла могут быть следующие неисправности: износы шеек ротора и втулок, а также износ и забивание отверстий форсунок (сопл) и защитных сеток на заборных трубках ротора центрифуги (в этом случае ухудшается герметичность ротора и снижается частота вращения его, вплоть до остановки); износ клапанов, резьб, появление трещин па корпусе фильтра, деформация колпаков, повреждение прокладок, что приводит к нарушению регулировок клапанов фильтра и подтеканию масла.

Восстановление деталей. При износе оси ротора центрифуги и втулок ось шлифуют до выведения следов износа. В корпус ротора запрессовывают втулки ремонтных размеров.

При тугом вращении или заедании корпуса ротора допускается пришабривание втулок.

После запрессовки втулок их обрабатывают одновременно специальной комбинированной разверткой. В случае образования трещин и при обломах корпус и крышку ротора центрифуги выбраковывают.

Сопловые отверстия прочищают медной проволокой и проверяют на пропускную способность при помощи прибора для тарировки жиклеров карбюратора.

Трещины в корпусе фильтра заваривают биметаллическим электродом. Повреждения гнезд клапанов и пружин устраняют так же, как и повреждения предохранительного клапана масляного насоса.

Погнутые стальные колпаки фильтров выправляют, а трещины на горловине запаивают твердыми припоями.

Контроль. После сборки центрифуги на стенде регулируют перепускной клапан, определяют герметичность ротора и частоту его вращения.

После окончательной сборки центрифуги проверяют ее на стенде на герметичность и пропускную способность совместно с масляным насосом нормальной производительности при номинальной частоте вращения и противодавлении.

Ремонт масляных радиаторов. В масляном радиаторе чаще всего забиваются внутренние полости трубок и засоряются маслосборники отложениями, в связи с чем уменьшается пропускная способность радиатора, повышается температура масла. При высокой температуре масла уменьшаются его вязкость и маслянистость, что приводит к повышенному износу деталей, а также старению масла.

Перед ремонтом масляный радиатор вываривают в 5—10-процентном растворе каустической соды в течение 2—3 ч, а затем промывают горячей водой. Отложения в трубках масляного радиатора можно также удалить четыреххлористым углеродом или другим раствором моющего средства. Течь трубок или маслосборников радиатора устраняют пайкой поврежденных мест латунным припоем. Смятую и оборванную ленту трубки выпрямляют и припаивают по всей длине латунным припоем. После ремонта радиатор проверяют на герметичность.

Тема 2.8. Ремонт элементов топливной аппаратуры

1. Ремонт топливных баков.
2. Ремонт элементов топливной аппаратуры карбюраторных двигателей.
3. Ремонт деталей топливной аппаратуры дизельных двигателей. Ремонт топливопроводов.

Ремонт топливных баков

Ремонт топливных баков. Характерные дефекты топливных баков: вмятины, трещины, пробоины, нарушение плотности прилегания пробки к горловине и разрывы в сетке фильтра бака.

Большинство повреждений обнаруживают внешним осмотром и испытанием баков на герметичность. Для проверки герметичности в бак под давлением до 0,1 МПа нагнетают воздух. Проверяемые участки (швы) покрывают мыльной водой. Плотность прилегания пробки бака к корпусу проверяют керосином.

Перед ремонтом топливный бак тщательно промывают 10-процентным раствором каустической или кальцинированной соды, нагретым до температуры 80—90 °С, и после этого чистой водой. После промывки бак хорошо проветривают, чтобы избежать взрыва паров топлива при проведении сварочных или паяльных работ.

Для этой же цели можно заполнять бак водой, оставляя незаполненными только участки, подлежащие сварке или пайке.

Баки с вмятинами выправляют при помощи крючка, который приваривают к вогнутому участку. Пользуясь рычагом, устраняют вмятину, после чего приваренный крючок отрезают.

Трещины и небольшие пробоины запаивают, оторванные горловины припаивают твердым или мягким припоем. Значительные пробоины заделывают заплатами из луженой листовой стали, которые припаивают к баку.

Трещины, обнаруженные в швах, заваривают газовой сваркой. Для ремонта баков можно использовать полимерные материалы.

После ремонта топливный бак испытывают на герметичность, промывают дизельным топливом или бензином, а все места пайки или сварки тщательно зачищают и красят нитрокраской.

Разрывы на сетках фильтров баков запаивают, причем площадь запаянных участков не должна превышать 10% общей площади сетки фильтра.

Ремонт элементов топливной аппаратуры карбюраторных двигателей

К основным неисправностям системы питания относятся:

- 1) образование слишком бедной или слишком богатой горючей смеси;
- 2) подтекание топлива;
- 3) прекращение подачи топлива в карбюратор;
- 4)- затрудненный пуск горячего или холодного двигателя;
- 5) неустойчивая работа двигателя на холостом ходу;
- 6) перебои в работе двигателя на всех режимах работы;
- 7) повышенный расход топлива.

Бензонасос. Наиболее распространённые дефекты: ослабление либо поломка пружины диафрагмы, нарушение плотности прилегания клапанов к седлам, разрыв диафрагмы, износ резьб, рычага в соединении с осью и эксцентриком, повреждение крышки и корпуса.

Изношенные впускные и выпускные клапаны и их седла восстанавливаются таким же методом, как и клапаны и седла подкачивающих насосов дизелей. Пружина клапана (в свободном состоянии) должна иметь длину 7 мм, под нагрузкой 0,15 Н – не менее 3 мм, а пружина диафрагмы должна отвечать техническим требованиям, представленным в [табл.48].

Неровности плоскостей крышки и корпуса, которые составляют более 0,08 мм, устраняются прошабриванием и притиркой на плите пастами. При установке крышки (головки) насоса на корпус соединительные винты необходимо затягивать (при отжатой вниз диафрагме) рычагом привода до рабочего положения.

Для проверки технического состояния насоса его следует испытать на приборе для проверки карбюраторов и бензонасосов.

Карбюратор может иметь следующие дефекты: нарушение плотности прилегания иглы клапана к седлу, изменения пропускной способности жиклёров и упругости пружинных элементов (пружин, пластин диффузоров).

Детали карбюратора подлежат промывке керосином, очистке при помощи волосяной щётки либо очистке в ультразвуковых ваннах и последующей просушке на воздухе. Распылители и жиклёры следует продувать сжатым воздухом.

Обнаружение дефектов поплавка (щели, трещины) осуществляется путём погружения его в горячую (80-90 градусов Цельсия) воду. Поплавок признаётся годным в том случае, если в течение 30 секунд не появятся пузырьки воздуха. Обнаруженные при проверке щели либо отверстия следует расширить при помощи шила, затем слить из поплавка бензин, просушить и запаять дефектное место. Поплавок должен иметь установленную массу [табл. 49].

Пропускная способность отверстий в жиклёрах проверяется путём пролива водой за единицу времени (мин) при температуре 20 ± 10 градусов Цельсия при напоре 10 кПа, используя прибор НИИАТ-528М [рис.94].

Баки и топливопроводы низкого давления. При проведении ремонта топливные баки следует промывать вначале пятипроцентным горячим раствором каустической соды, а затем промыть чистой горячей водой (троекратно).

Наиболее часто встречающиеся дефекты швов:

- 1) – вмятины;
- 2) – трещины;
- 3) – пробоины либо коррозия стенок;
- 4) – отпайки горловины.

Испытание баков на герметичность производится в ванне с водой под давлением 0,02-0,03 МПа в течение трёх минут. Устранение дефекта осуществляется следующими методами:

- 1) – запайка припоями;
- 2) – приварка/припайка накладок (газовой либо электродуговой в среде углекислого газа);
- 3) – вырезание окна, правка через него вмятины и по окончании – приварка заплат на окно.

Ремонт деталей топливной аппаратуры дизельных двигателей. Ремонт топливопроводов

1. Ремонт подкачивающего насоса

Для определения технического состояния подкачивающего насоса (помпы) перед ремонтом необходимо провести его испытание на производительность и развиваемое давление на специальном стенде.

Основные причины снижения производительности и давления подкачивающего насоса поршневого типа: увеличение зазора между поршнем и отверстием корпуса насоса; увеличение зазора между стержнем толкателя и корпусом (этот дефект приводит к значительной утечке топлива через дренажное отверстие, а при больших износах — к попаданию его в картер топливного насоса и

недопустимо большим потерям топлива); нарушение герметичности всасывающих и нагнетательных клапанов и их гнезд; потеря упругости пружины поршня.

Кроме того, подкачивающий насос поршневого типа может иметь следующие дефекты:

- износ деталей узла толкателя,
- износы корпуса и поршня,
- износ резьбовых соединений,
- нарушение посадки шарикового клапана;
- износ поршня и цилиндра насоса ручной подкачки топлива,
- потеря упругости пружин поршня клапанов и толкателя.

Восстановление деталей насоса поршневого типа. Изношенное отверстие под стержень толкателя в корпусе подкачивающего насоса может быть исправлено развертыванием до ремонтного размера или прошивкой. В это отверстие вставляют стержень толкателя того же ремонтного размера.

Изношенные отверстия в чугунном корпусе под поршень растачивают до ремонтного размера.

Износ поверхностей гнезд клапанов в корпусе устраняют обработкой специальной фрезой до выведения следов износа.

Следы износа торцовой поверхности клапанов устраняют притиркой на чугунной плите или мелкозернистой шлифовальной шкуркой.

Основной дефект поршня: износ наружной поверхности. Его устраняют нанесением слоя хрома до ремонтного размера. Перед хромированием необходимо поршень шлифовать до выведения следов износа. Можно изготовить новый поршень ремонтного размера из стали 45, закалить его и шлифовать. Отхромированный или вновь изготовленный поршень и отверстие в корпусе необходимо обработать притирами, а затем совместно притереть до получения нормального зазора.

Основные дефекты деталей насоса ручной подкачки: износы поверхности цилиндра в месте сопряжения с поршнем, уплотнения поршня и гнезда под шариковый клапан.

Восстановление деталей насоса ручной подкачки. При небольшом износе внутренней поверхности цилиндра его притирают до выведения конусообразности и овальности. Изношенное уплотнительное кольцо поршня заменяют.

Качество ремонта насоса ручной подкачки можно проверить предварительно по плавности перемещения поршня на всей длине цилиндра. После окончательной сборки насос должен засасывать топливо из топливного бака, расположенного вместе с фильтром грубой очистки ниже насоса на 2 м.

Износ гнезда под шариковый клапан определяется проверкой плотности прилегания клапана воздухом под давлением 0,2— 0,3 МПа. При нарушении плотности клапана проводят чеканку гнезда.

Основные причины снижения давления и производительности шестеренчатых подкачивающих насосов:

- большой торцовый зазор между шестернями и плитой корпуса;
- большой зазор между вершинами зубьев шестерен и стенками корпуса;
- износ редукционного клапана и потеря упругости пружины.

Кроме того, шестеренчатый подкачивающий насос может иметь следующие дефекты:

- износ посадочных мест под втулку и ось ведомой шестерни,
- износ резьбовых соединений,
- трещины,
- износ бронзовых втулок,
- забоины и риски на сопрягаемых поверхностях деталей,
- износ валика насоса и корпуса сальника.

После сборки подкачивающий насос обкатывают и испытывают на специальных стендах.

При испытании определяют производительность при номинальной частоте вращения валика привода и производительность при номинальной частоте вращения валика привода с противодавлением 0,05 МПа.

Показатели подкачивающих насосов должны соответствовать техническим условиям.

Во время испытания подкачивающих насосов на максимальное давление допускается протекание через дренажное отверстие не более 5- капель топлива в минуту.

2. Ремонт топливных насосов

Детали и корпус насоса могут иметь различные износы и дефекты, в зависимости от которых выбирают тот или иной способ ремонта.

Характерные дефекты корпуса насоса:

- износ лыски и цилиндрической поверхности Б отверстия под рейку;
- износ направляющих, пазов В под оси толкателей плунжера и цилиндрической поверхности Г отверстия под толкатель;
- износ или срыв резьбы под болты и шпильки;
- трещины, забоины на установочных плоскостях.

С увеличением износа лыски увеличивается самопроизвольный поворот рейки на некоторый угол вокруг своей оси.

3. Ремонт топливных фильтров.

Одно из главных условий нормальной работы узлов системы питания — хорошая фильтрация топлива, так как прецизионные детали изнашиваются главным образом от попадания в топливо механических частиц. Поэтому техническому обслуживанию и восстановлению работоспособности топливного фильтра необходимо уделять особое внимание.

Характерные неисправности топливных фильтров: излом ушек крепления корпуса, трещины, износ и срыв резьбы, повреждение фильтрующих элементов в фильтре грубой очистки, забоины и риски на плоскостях сопряжения корпуса с плитой и другими деталями загрязнение фильтров тонкой очистки, нарушение герметичности фильтров.

Большинство повреждений обнаруживают внешним осмотром при разборке фильтров.

Изломы и трещины в корпусе или крышке фильтра устраняют газовой сваркой или электродуговой сваркой медно-стальным электродом без подогрева деталей и последующей зачисткой мест сварки. Можно заделывать трещины клеями на основе эпоксидных смол.

Забоины и риски на плоскостях сопряжения корпуса плиты и крышки устраняют шлифованием и шабрением.

Поступившие в ремонт фильтрующие элементы грубой очистки промывают керосином или дизельным топливом.

Загрязненные фильтрующие элементы фильтра тонкой очистки обычно заменяют новыми.

После сборки топливных фильтров их испытывают на специальном стенде. Топливные фильтры грубой очистки испытывают на герметичность, а тонкой очистки — на герметичность и гидравлическое сопротивление фильтрующих элементов.

Гидравлическое сопротивление фильтров тонкой очистки определяют по снижению производительности технически исправного подкачивающего насоса (помпы) при подаче топлива через фильтр и с отключенным фильтром. Снижение производительности подкачивающего насоса, вызванное гидравлическим сопротивлением фильтра при испытании на номинальном скоростном режиме, допускается не более чем на 40%.

4. Ремонт топливопроводов

Ремонт топливопроводов низкого давления. Основные дефекты: изгиб, поперечный разрыв, продольные трещины и повреждения наконечников, прилегающих к штуцерам.

Трещины, изломы и разрывы в трубопроводах устраняют пайкой мягкими или твердыми припоями.

При значительных повреждениях (перетертый в процессе эксплуатации трубопровод или со значительным изгибом) участок трубопровода вырезают ножовкой, а концы трубки соединяют муфтой. Пайку в этом случае лучше вести твердым припоем, обеспечивающим более надежное соединение деталей.

Изношенный наконечник трубки отрезают труборезом, отжигают конец и развальцовывают в специальном приспособлении.

После ремонта топливопроводы тщательно промывают и продувают сжатым воздухом. Рекомендуется после ремонта проверить герметичность топливопроводов под давлением 0,5 МПа.

Ремонт топливопроводов высокого давления. Характерные неисправности: смятие уплотнительного конуса, уменьшение внутреннего диаметра концов трубок, изгибы с радиусом кривизны меньше допустимого, уменьшение длины трубопроводов при повторных насадках концов трубок, местные износы и вмятины на наружно поверхности трубок, повреждение гаек. Указанные повреждения нарушают нормальную работу топливной системы, вследствие чего снижается мощность и увеличивается расход топлива дизельного двигателя.

Большинство повреждений выявляют внешним осмотром. Уменьшение внутреннего диаметра концов трубки проверяют калиброванной проволокой диаметром 1,7 мм, которую вставляют на глубину 20—25 мм от торца топливопровода. Следует помнить, что уменьшение внутреннего диаметра топливопровода приводит к увеличению ее гидравлического сопротивления.

Восстановленные газовой сваркой или вновь изготовленные топливопроводы должны быть проверены на прочность и выдержать давление топлива 50 МПа.

Для получения нового уплотнительного конуса или изготовления конусных наконечников применяют специальные приспособления. Концы топливопроводов можно высаживать при помощи приспособления и рычажного винтового или гидравлического пресса.

Комплект отремонтированных топливопроводов высокого давления необходимо испытать на пропускную способность (гидравлическое сопротивление).

Пропускную способность топливопроводов определяют на стене для испытания дизельной топливной аппаратуры. Для этого присоединяют поочередно к одной и той же секции работающего топливного насоса, проверяемые топливопроводы. Топливо необходимо собирать за одинаковое время, при одной и той же частоте вращения вала и при закрепленной в одном положении рейке насоса. Отклонение пропускной способности топливопроводов одного комплект не должно превышать 10%.

Тема 2.9. Ремонт элементов электрооборудования

1. Характерные неисправности и ремонт генераторов, стартеров, аккумуляторных батарей.
2. Ремонт приборов системы зажигания.

Характерные неисправности и ремонт генераторов, стартеров, аккумуляторных батарей

Распространенные неисправности генератора:

- износ или повреждение шкива;
- износ токосъемных щеток;

- износ коллектора (токосъемных колец);
- повреждение регулятора напряжения;
- замыкание витков статорной обмотки;
- износ или разрушение подшипника;
- повреждение выпрямителя (диодного моста);
- повреждение проводов зарядной цепи.

Самая распространенная механическая проблема генератора – износ подшипников. Признак данной неисправности — вой или свист при работе агрегата. Конечно, подшипники нужно немедленно заменить или попытаться восстановить чисткой и смазкой. Ослабление натяжения приводного ремня также может быть причиной слабой работы генератора. Одним из признаков может быть высокий по тону свист из-под капота, когда автомобиль газует или разгоняется.

Для проверки обмотки возбуждения ротора на короткозамкнутые витки или обрывы, нужно подключить мультиметр, переключенный в режим измерения сопротивления, к обоим контактным кольцам генератора. Нормальное сопротивление — от 1,8 до 5 Ом. Показания ниже свидетельствует о наличии короткого замыкания в витках; выше – прямой обрыв обмотки.

Для проверки обмотки статора на «пробой на массу», их нужно отсоединить от выпрямительного блока. При показаниях сопротивления, выдаваемых мультиметром, имеющих бесконечно большое значение можно не сомневаться в отсутствии контакта статорных обмоток с корпусом («массой»).

Для проверки диодов в блоке выпрямителя используется мультиметр (после полного отсоединения от обмоток статора). Режим проверки — «проверка диодов». Плюсовой щуп подсоединяется к плюсу или минусу выпрямителя, а минусовой – к выводу фазы. После этого щупы меняют местами. Если при этом значения показаний мультиметра сильно отличаются от предыдущих — диод исправен, если не отличаются — неисправен. Еще одним признаком, свидетельствующим о скорой „кончине“ диодного моста генератора — окисление контактов, а причина этого – перегрев радиатора.

Ремонт и устранение неисправностей ГЕНЕРАТОРОВ

Конструкции генераторов приведены на рис. 1 и 2.



Рисунок 1 - Генератор



Рисунок 2 - Генератор (двигателя Cummins ISF 3.8)

Все **механические неполадки устраняются путем замены неисправных узлов и деталей** (щеток, ремня, подшипников и т.п.) на новые или исправные. На старых моделях генераторов зачастую требуется проточка контактных колец. Приводные ремни меняются вследствие износа, максимального растяжения или истечение срока эксплуатации. Поврежденные обмотки ротора или статора, их, в настоящее время, меняют на новые в сборе. Перемотка хоть и встречается среди услуг автомастеров, но все реже — это дорого и нецелесообразно.

Характерные неисправности и ремонт аккумуляторов

Конструкция обслуживаемого аккумулятора приведена на рис. 1, а необслуживаемого на рис. 2.

Аккумулятор состоит из следующих основных частей:

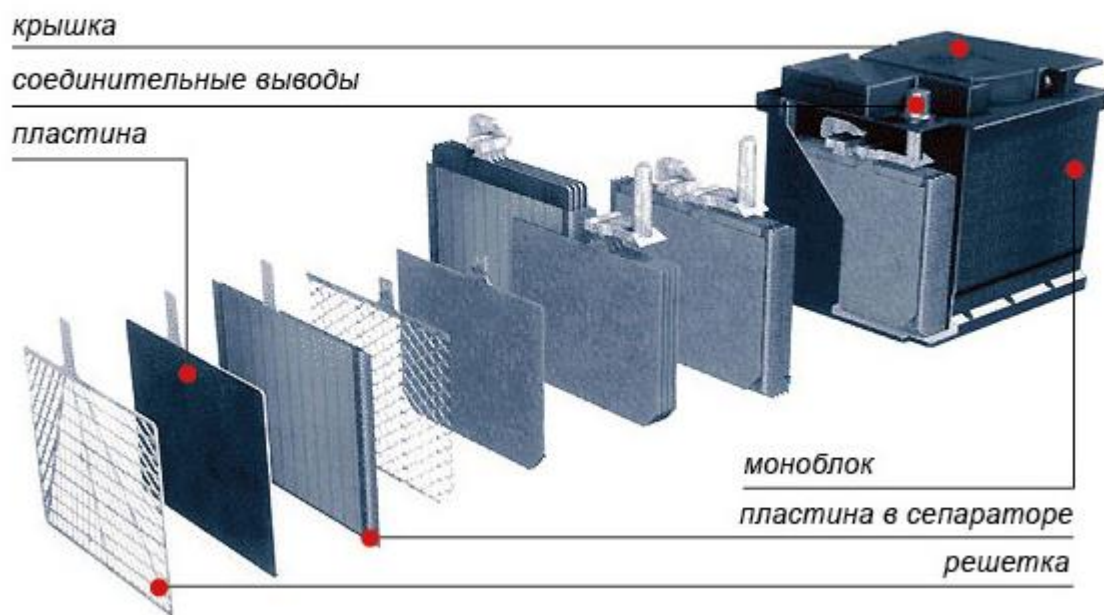


Рисунок 1 - Конструкция обслуживаемого аккумулятора

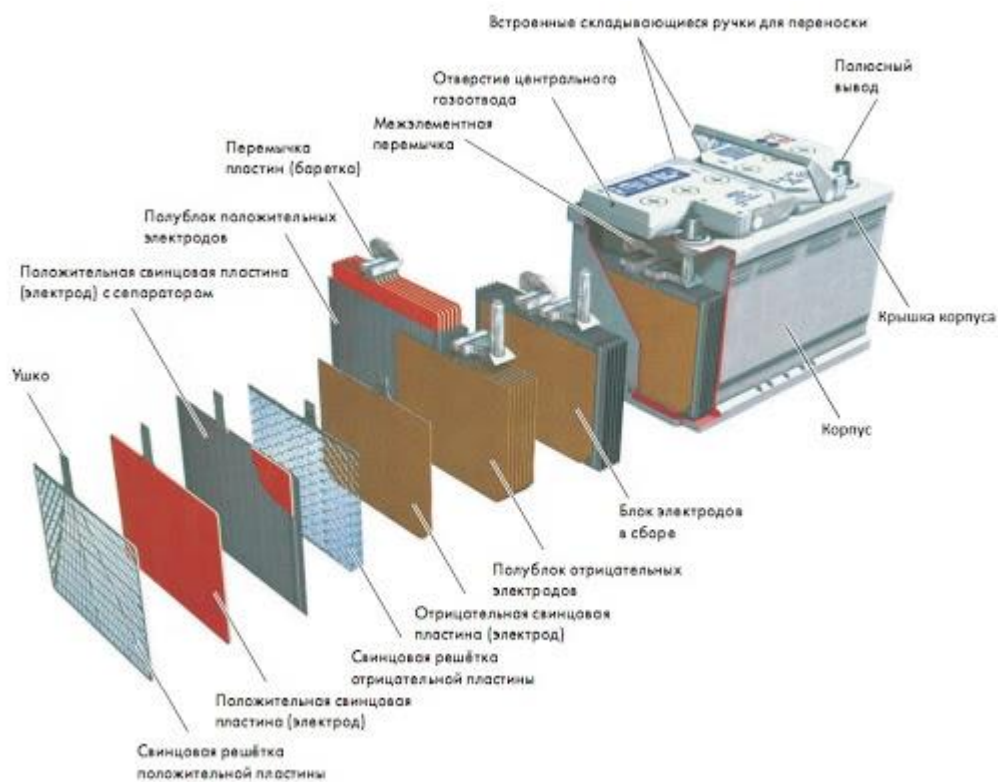
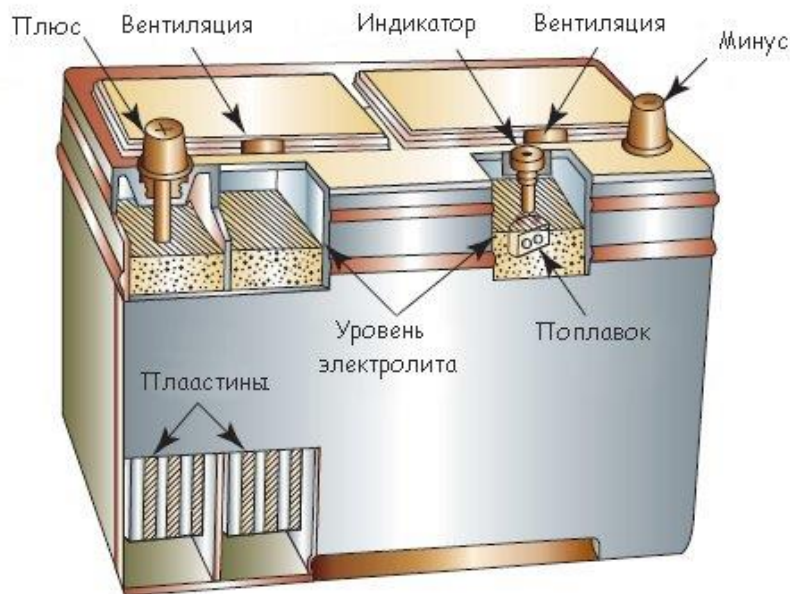


Рисунок 2 – Устройство необслуживаемого аккумулятора

Неисправности аккумуляторной батареи:

Распространенные неисправности аккумуляторной батареи:

- короткое замыкание электродов/пластин батареи;
- механическое или химическое повреждение пластин аккумулятора;
- нарушение герметичности банок аккумуляторов — трещины корпуса аккумулятора в результате ударов или неправильной установки;

- химическое окисление выводных клемм аккумулятора. Основными причинами указанных неисправностей являются:
- грубые нарушения правил эксплуатации;
- истечение срока службы изделия;
- различные производственные дефекты.

Ремонт приборов системы зажигания

К числу основных неисправностей системы зажигания относятся неисправности катушек зажигания, прерывателя-распределителя и искровых свечей зажигания.

Основными неисправностями катушек зажигания являются повреждение изоляции первичной и вторичной обмотки (межвитковое замыкание), обрыв обмоток в местах соединения, нарушение контакта или обрыв добавочного сопротивления, электрический пробой через изоляцию в начальных рядах вторичной обмотки.

Катушку зажигания с поврежденной изоляцией необходимо заменить. Неисправное добавочное сопротивление катушки зажигания следует отремонтировать или заменить.

В число неисправностей прерывателя-распределителя входят замазывание или обгорание контактов, недостаточный или очень большой зазор между контактами прерывателя, повреждение конденсатора (пробой или потеря контакта обкладки с выводами), загрязнение ротора и крышки, трещины в крышке, ослабление натяжения пружины рычажка, износ втулок ведущего валика, износ подушечек или втулки (оси) рычажка прерывателя, выработка участка дорожки качения шариков в подшипнике, заедание грузиков и ослабление пружин центробежного регулятора, выход из строя диафрагмы, вакуумного регулятора, износ, кулачка прерывателя, износ осей и отверстий грузиков центробежного регулятора.

Основными неисправностями искровых свечей зажигания являются недостаточная, герметичность по корпусу и центральному электроду, износ центрального и бокового электродов, разрушение теплового конуса изолятора (юбочки); образование нагара на внутренней поверхности свечи, что приводит к шунтированию воздушного зазора между электродами.

Тема 2.10. Ремонт деталей и сборочных единиц трансмиссии

1. Восстановление валов.
2. Ремонт зубчатых колес тихоходных передач.
3. Ремонт карданных передач.
4. Ремонт коробок передач.
5. Ремонт сцепления.

Восстановление валов

Валы и оси являются распространенными и ответственными деталями машин различного служебного назначения.

В их конструкциях используются указанные детали, имеющие сплошное и полое сечения. В большинстве случаев гладкие шлицевые валы (оси) ограничивают ресурс различных узлов и агрегатов машин. Коэффициент восстановления этих деталей при капитальном ремонте машин находится в пределах 0,25...0,95. В ремонтной практике длина восстанавливаемых валов колеблется в интервале 100...4000 мм, однако более 90 % валов имеют длину не более 1000 мм. Диаметральный размер валов находится в диапазоне 12.. .210 мм, но у 98 процентов этот размер не превышает 60 мм. Масса валов 2...50 кг (среднее значение около 3,5 кг).

В процессе эксплуатации валы и оси испытывают изгиб и кручение, а в отдельных случаях – сжатие и растяжение. У этих деталей изнашиваются посадочные шейки, шпоночные пазы и шлицы, резьбовые поверхности, повреждаются центровые отверстия, возникают дефекты в результате изгибных и крутильных деформаций.

У валов наиболее часто дефекты образуются на посадочных поверхностях под подшипники и резьбовых поверхностях.

Посадочные поверхности валов под подшипники восстанавливают при износе 0,017...0,060 мм и более; поверхности под ступицы со шпоночными пазами и другие поверхности в неподвижных соединениях - 0,04... 0,13 мм и более; поверхности подвижных соединений, подвергаемых деформациям, - 0,4... 1,3 мм и более; поверхности под уплотнения - 0,15.. .0,20 мм и более. Шпоночные пазы восстанавливают при износе по ширине 0,065.. .0,01 мм и более, шлицевые поверхности - 0,2.. .0,5 мм и более.

Выбор способа ремонта валов (осей) зависит от величины износа и возможностей ремонтной базы. Способ ремонта выбирают после соответствующей проверки и установления характера и степени износа поверхностей вала. У валов, шейки которых имеют износ (риски, царапины, отклонение от цилиндричности до 0,1 мм), проверяют сначала исправность центровых отверстий. При наличии вмятин и забоин на них - их исправляют, правят валы и ремонтируют шейки шлифованием.

Шейки валов, имеющих значительный износ, точат и шлифуют под ремонтный размер. При этом допускается уменьшение диаметрального размера шеек на 5... 10 % в зависимости от характера воспринимаемых валом нагрузок. Если нужно восстановить первоначально заданные диаметральные размеры шеек, то на них после точения напрессовывают или устанавливают на эпоксидном клее ремонтные втулки (компенсационные кольца), которые точат или шлифуют. Изношенные поверхности валов ремонтируют также наплавкой, металлизацией, осталиванием, хромированием, газотермическим нанесением порошковых материалов повышенной износостойкости и другими методами.

При износе до 0,15 мм (на диаметральный размер) исходный размер шейки восстанавливают хромированием, предварительно для устранения рисок выполняют шлифование. Шейки валов (осей), имеющих износ 0,15...0,3 мм на сторону, восстанавливают осталиванием, вибродушовой наплавкой, электромеханическим способом и ферромагнитными порошками. При износе, превышающем 0,3 мм, применяют наплавку, металлизацию или осталивание. Выбор способа наращивания изношенных поверхностей шеек зависит также от вида посадки: с зазором или с натягом.

При восстановлении валов наиболее часто применяют следующие виды наплавки: в среде углекислого газа, вибродуговую в различных защитных средах, в природном газе и под флюсом. Эти процессы преимущественно используют при износах более 0,3 мм.

Гальванические процессы применяют при крупносерийном и массовом восстановлении однотипных деталей.

Шпоночные пазы у валов (осей) восстанавливают фрезерованием на следующей ремонтный размер или под нестандартную ступенчатую шпонку. В ряде случаев шпоночные пазы заваривают, затем ремонтируемую деталь поворачивают вокруг оси на 90° и фрезеруют в ней новые пазы.

При реализации технологических процессов восстановления валов (осей) вначале валы очищают от смазки и грязи, затем выправляют. Скрученные валы, как правило, не ремонтируют, а изготавливают заново, что обусловлено ухудшением механических свойств деформированных валов. Правку осуществляют холодным или горячим способом.

Изогнутые валы диаметром до 30 мм можно править наклепом. Такой вал кладут выгнутой частью вниз на плиту и легким молотком наносят частые удары, пока он не выпрямится. Удары наносят также с обеих сторон выгнутой части, ограниченной углом 120°.

Холодную правку валов (осей) производят вручную посредством винтовых скоб, рычагов, приспособлений под прессом.

Технологический процесс восстановления шлицевых валов включает обычно операции наплавки, нормализации, токарной обработки, фрезерования, термической обработки и шлифования. Технология трудоемка и не всегда выгодна экономически.

Для восстановления шлицевых поверхностей может быть использована электроконтактная приварка металлических полос с их последующей обработкой. Однако такая технология не дает существенного снижения трудоемкости.

При незначительных износах для восстановления шлицев применяют хромирование или холодное пластическое деформирование.

При износе шлицев по толщине в пределах 0,5... 1,2 мм на их наружную поверхность наплавляют валики металла и осаживают на гидравлическом прессе посредством шлиценакатной головки. Металл валиков в процессе осадки внедряется в основной металл ремонтируемой детали, тем самым увеличивая

ширину шлицев. Этим обеспечивается получение припуска под последующую механическую обработку шлицевых поверхностей.

Если износ шлицев превышает 1,2 мм, то на их боковые и наружные поверхности наплавляют металл и осуществляют механическую обработку без пластического деформирования.

Резьбы при ремонте валов (осей) обычно выполняют заново с изготовлением нестандартных гаек «по месту».

В строительных машинах и механизмах применяют валы и оси с гладкими цилиндрическими или коническими поверхностями (шейками), на валах и осях могут быть выполнены шлицы, шпоночные пазы, бурты, лыски, езьба. Основными дефектами валов и осей являются повреждение центровых отверстий, изнашивание и смятие опорных и посадочных шеек и буртов, изнашивание шпоночных пазов и шлицев, повреждение резьбы, изгиб и скручивание, трещины и поломки.

Наличие и размер дефектов устанавливают внешним осмотром вала и соответствующими измерениями, производимыми перед ремонтом. Полученные данные позволяют решить вопрос о целесообразности ремонта и наметить последовательность проведения ремонтных операций. При выборе способа ремонта нужно учитывать принятую технологию ремонта сопряженной детали, условия работы вала, его материал и термическую обработку.

Изгиб и скручивание вала, вызывающие его биение, определяют на поверочной плите с центрами или призмами с помощью индикатора часового типа с универсальным штативом.

Износ шеек под подшипники устанавливают осмотром и измерением диаметра шеек с помощью микрометра и скоб. Для выявления погрешности формы изношенных валов и осей (овальности, конусности, бочкообразное™) их замеряют в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и в трех сечениях: посередине и в поясах.

Износ шпоночных пазов проверяют установкой в паз контрольной (или новой) шпонки, щупа или калибра. Износ шлицев по толщине измеряют микрометром или проверяют калибром.

Резьбу проверяют резьбовыми калибрами, а также контрольными (новыми) гайками.

Трещины валов и осей выявляют внешним осмотром и с помощью магнитного дефектоскопа.

При ремонте валов и осей в первую очередь восстанавливают установочные базы (как правило, ими служат центровые отверстия), если есть изгиб, то их правят, а затем наращивают металл на изношенные поверхности наплавкой, металлизацией, электролитическим наращиванием и выполняют слесарные работы, так как возможна деформация детали и могут быть повреждены чисто обработанные поверхности. После сварочных и наплавочных работ валы и оси подвергают правке, а затем механической обработке.

Центровые отверстия получают повреждения в результате ударов по торцу детали во время разборки и сборки. При этом образуется выступ на конусной поверхности центрального гнезда, которая приводит к биению вала при его установке в центрах. Кроме того, несмотря на очистку и обезжиривание деталей, в центровых гнездах остаются грязь, масло и ржавчина. Исправляют центровые гнезда подшабриванием или обработкой на токарном, сверлильном или центровальном станке.

Ремонт посадочных мест под подшипники и другие детали производят различными способами. Незначительные повреждения (задиры, риски) и износы в пределах нескольких десятых долей миллиметра устраняют доводкой специальными пастами или шлифованием. При больших износах, а также при наличии конусности и овальности восстановление цапф производят обработкой под заранее установленный ремонтный размер. Если для ремонтируемого сопряжения ремонтные размеры не установлены, то поверхность основной, более ценной детали можно подвергать механической обработке до устранения дефекта (задира, конусности, овальности). Сопряженную, более простую в изготовлении или более дешевую деталь изготавливают заново или подгоняют к основной детали.

При износах более 1,2...1,5 мм валы и оси строительных машин восстанавливают наплавкой. Детали, подлежащие наплавке, обезжиривают и очищают от ржавчины до металлического блеска. При односторонней выработке ремонтируемых поверхностей их наплавляют вручную до устранения одностороннего изнашивания с обязательной последующей правкой. Смазочные отверстия и шпоночные пазы перед наплавкой загружают медными или графитовыми вставками, которые должны выступать над поверхностью на 1...2 мм.

Ремонт зубчатых колес тихоходных передач

Зубчатые колеса можно условно подразделить на тихоходные и быстроходные, мелкие и крупные, термообработанные и «сырые» (без термообработки). К тихоходным относятся зубчатые колеса, которые работают при окружных скоростях 2 м/с и менее, а к быстроходным – при скоростях 6–10 м/с. «Сырые» зубчатые колеса изготавливают из стали.

К крупным относят зубчатые колеса с модулем более 5 мм. Различие в условиях работы зубчатых колес предопределяет способы их ремонта.

Наиболее частым дефектом зубчатых колес всех видов и типов является износ рабочего профиля зубьев. Колеса с изношенными зубьями, как правило, не ремонтируют. Их заменяют новыми за исключением тех, износ по толщине зуба которых не выходит за пределы допустимых значений (табл. 1). Если такие колеса при работе не ухудшают существенно эксплуатационных показателей узла или механизма, то их можно не менять.

Таблица 1 - Допустимый износ зубьев зубчатых колес

Режим работы	Окружная скорость, м/с	Предельный износ к номинальной толщине зуба по начальной окружности, %		
		Вид ремонта		
		малый	средний	капитальный
Передача мощности в одном направлении при безударной нагрузке	До 2	20	15	10
	2–5	15	10	6
	Свыше 5	10	7	5
Реверсивная передача с ударной нагрузкой	До 2	15	10	5
	2–5	10	5	5

Примечание. Для чугунных зубчатых колес приведенные значения износа уменьшаются на 30 %.

Если при ремонте требуется одно изношенное колесо, то необходимо заменить и второе, сопрягаемое с ним колесо, если даже его износ не превысил допустимого значения. При невыполнении этого условия зубья нового колеса не будут находиться в нормальном контакте с приработанными зубьями старого.

Замена пары зубчатых колес гарантирует лучшие условия зацепления. Это объясняется тем, что колеса каждой пары изготавливают, как правило, на одном и том же станке одним и тем же инструментом. Если заменить только одно колесо, то при работе зубчатой передачи возрастает уровень шума.

Заменять только одно колесо рекомендуется также в зубчатых парах, в которых одно колесо термообработано, а другое – нет. Заменяют термически необработанное колесо. Новое («сырое») зубчатое колесо в зацеплении с более твердым (термообработанным) быстро обкатывается в процессе работы. Такая замена оправдана лишь тогда, когда износ термообработанного колеса не выходит за пределы допустимого.

Колеса большого диаметра ($m > 5$ мм) тихоходных зубчатых передач, изготовленные из стали, чугуна без термообработки, восстанавливают лишь в тех случаях, когда это экономически целесообразно (например, если недопустимы простои оборудования). Их заменяют новыми при капитальном ремонте станков.

В зависимости от назначения зубчатых колес, их размера и материала, наличия термообработки применяют следующие способы восстановления: наплавку торцов зубьев, сварку, горячую объемную штамповку, ротационное пластическое деформирование.

Кроме указанных факторов, использование того или иного способа восстановления определяется наличием на ремонтной базе соответствующего оборудования. Как правило, небольшие ремонтные предприятия не имеют необходимого оборудования для изготовления новых колес. На них можно применять приведенные ниже способы ремонта зубчатых колес большого диаметра и модуля.

Как при замене, так и при ремонте колес нужно обязательно устанавливать, с каким углом зацепления нарезаны зубья данного колеса, т.к. два колеса,

имеющие разные углы зацепления, в паре работать не могут (обычно угол зацепления 20° , в некоторых случаях 15°). Необходимо также определить состояние посадочных поверхностей зубчатых колес. На них не должно быть вмятин, задиров и других повреждений. При их наличии нужно обязательно их устранить путем растачивания посадочного отверстия или постановкой переходной втулки. Если дефекты незначительны, то их устраняют зачисткой поверхности отверстия наждачной бумагой.

У зубчатых колес коробок скоростей и передач в результате их многократного переключения образуется односторонний износ зубьев. Цилиндрические зубчатые колеса, имеющие указанный износ зубьев 2 (рис. 1,а), например у правого торца, ремонтируют следующим образом. У колеса отрезают на токарном станке часть 3. Затем с другой стороны приваривают кольцо, размеры которого точно соответствуют удаленной части. После этого колесо устанавливают так, чтобы при переключении в контакте с сопрягаемым зубчатым колесом участвовала левая неизношенная поверхность зубьев.

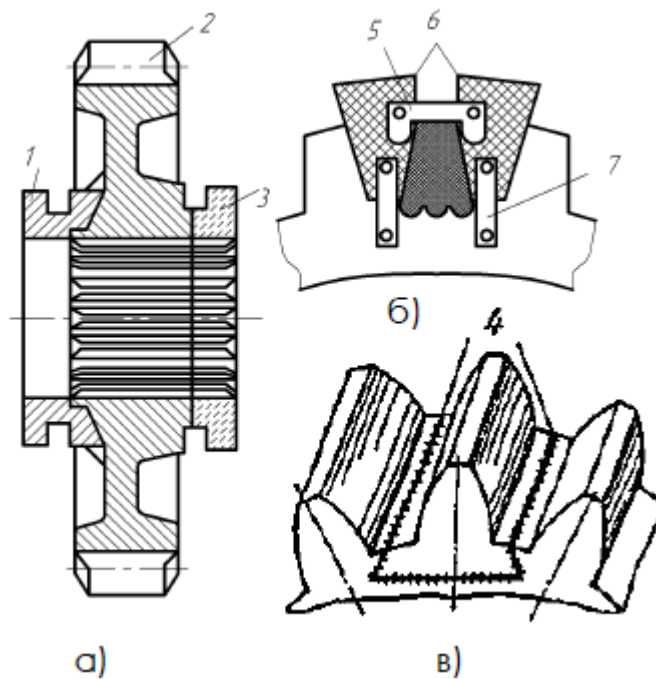


Рисунок 1 - Схемы ремонта зубчатых колес:

- а – привариванием кольца; б – наплавкой зуба по медным шаблонам;
- в – приваркой вкладыша; 1 – кольцо; 2 – зуб; 3 – удаляемая часть;
- 4 – сварные швы; 5, 7 – планки; 6 – медные шаблоны

Зубчатые колеса можно ремонтировать путем наплавки изношенных зубьев. Обработка наплавленных зубьев отличается сложностью. С целью ее облегчения зубья колес средних и больших модулей наплавливают с использованием пары медных шаблонов (рис. 2,б). Последние имеют форму впадин между зубьями колеса и образуют боковые поверхности зуба, подлежащего восстановлению. Перед наплавкой медные шаблоны соединяют между собой планками 5 и закрепляют на венце колеса планками 7 (или

струбцинами) так, чтобы они не мешали процессу наплавки. При его выполнении наплавляемый металл не приваривается к шаблонам, т.к. медь обладает высокой теплопроводностью. Поэтому по осуществляют толстообмазанными электродами (Э-3у, Э-42, ОММ-5 и др.). После наплавки необходимо обеспечить медленное остывание колеса. Для этого зарывают в горячий песок все колесо или ту его часть, где наплавляют зуб.

При автоматической наплавке изношенных торцов зубьев наплавляется каждый зуб с принудительным формированием слоя металла в медной форме (кристаллизаторе), которая охлаждается водой. Наплавка производится высокоуглеродистой проволокой под слоем флюса. В зону горения дуги подается сыпучий флюс. Под воздействием высокой температуры часть его плавится и образует вокруг дуги эластичную оболочку, защищающую расплавленный металл от воздействия кислорода и азота.

После перемещения дуги металл твердеет вместе с флюсом, образуя на наплавленной поверхности ломкую шлаковую корку. Нерасплавившийся флюс может быть использован снова. Автоматическая наплавка эффективна тогда, когда необходимо наплавить слой металла толщиной более 3 мм. При этом нежелательно глубокое проплавление, т.к. оно увеличивает деформацию восстанавливаемой детали. Основным фактором, влияющим на глубину проплавления, является сила сварочного тока:

$$h = K^3 \sqrt{I^4 / (v_i U^2)},$$

где h – глубина проплавления, мм;

K – коэффициент;

I – сила тока, А;

v_i – скорость наплавки, мм/мин;

U – напряжение, В.

Зубчатые колеса наплавляют проволокой Нп–30ГХСА, Нп–40Х2Г2М, Нп–50ХФА, в состав которых входят С, Мп, Si, Cr, Ni, используется флюс АН–348А, содержащий стабилизирующие и шлакообразующие элементы. В состав этого флюса не входят легирующие добавки, что не способствует повышению прочности и износостойкости наплавленного металла.

Применяют флюсы – смеси на основе флюса АН–348А, в который добавляют феррохром, ферромарганец и графит. Таким образом, получают легирующий флюс, использование которого обеспечивает получение направленного слоя однородного химического состава, высокой твердости и износостойкости. На качество восстановления значительно влияет режим наплавки. Восстановление зубьев колес наплавкой целесообразно только в том случае, когда другие способы использовать не представляется возможным.

Зубчатые колеса можно ремонтировать путем установки зубчатых вкладышей, которые закрепляют сваркой (рис. 1,в).

Ремонт карданных передач

В процессе эксплуатации в карданной передаче появляются следующие дефекты:

- износ шеек крестовины;
- износ подшипников и сальников крестовины;
- разработка отверстий вилок;
- износ шлицев на валах и в вилках;
- прогиб или скручивание валов;
- износ опорного подшипника промежуточного вала.

Признаками указанных дефектов являются биение валов, увеличенный зазор в соединениях, стуки при движении и рывки при трогании с места.

Перед разборкой рекомендуется маркировать детали метками для сохранения при сборке первоначального их положения. Основными дефектами деталей карданной передачи являются: износ шеек, подшипников, сальников крестовины, отверстий в валиках, шлицев на валах и вилках, прогиб или скручивание валов, износ опорного подшипника промежуточного вала.

Изношенные шейки крестовины восстанавливают хромированием с последующей обработкой до номинального размера. Сальники и изношенные подшипники заменяют новыми. Нельзя эксплуатировать игольчатые подшипники, в которых не хватает хотя бы одного ролика. Если на шейках крестовины имеются вмятины от роликов, то следует заменить крестовину в сборе с подшипниками.

Скользящие вилки карданных шарниров с изношенными шлицами обычно заменяют новыми. Вилка с изношенными шлицами по наружному диаметру и по толщине может быть восстановлена наплавкой, применяя постоянный ток обратной полярности. После наплавки осуществляют нормализацию при температуре нагрева 860 °С, механическую обработку (проточку и нарезание шлиц), закалку, отпуск и шлифование по наружному диаметру. Скользящие вилки должны свободно, без заедания, перемещаться вдоль шлицевой части карданного вала. При этом не должно быть ощутимого радиального люфта.

При сборке карданной передачи необходимо:

напрессовать на шейки крестовины держатели сальников игольчатых подшипников с натягом 0,02—0,03 мм, вернуть клапан и масленку; пропитать цилиндрическим маслом пробковые сальники и установить их в держатели;

вставить крестовину в вилку (при сборке скользящей вилки, прежде чем устанавливать крестовину, вставить заглушку шлицевого соединения вилки), надеть на шейки опорные шайбы, стаканы с игольчатыми подшипниками, крышки подшипников и прикрутить винтами стопорные пластины;

в такой же последовательности соединить крестовину со второй вилкой;

если карданный шарнир имеет стальные втулки, установить их на шейки крестовины с зазором 0,07—0,15 мм, а в гнезде вилки — с натягом 0,04—0,08 мм;

вернуть в крестовину пресс-масленку и предохранительный клапан;

надеть на шлицованный конец карданного вала крышку сальника и его опорную шайбу, а также сальник, предварительно пропитанный маслом;

вставить шлицованный конец вала в вилку и завернуть от руки крышку сальника при установке скользящей вилки проследить, чтобы оси обеих крестовин лежали в одной плоскости (у автомобилей на вилке и валу имеются указательные стрелки, которые при сборке должны быть расположены на одной прямой) установить в шлицевую вилку пресс-масленку.

Проверка карданных валов на биение, производится индикатором при установке их на призмы. Биение в любой точке по длине трубы не должно превышать значений, установленных техническими условиями.

Валы, имеющие скручивание, износ и смятие шлицев, заменяют новыми.

При сборке карданной передачи вилки карданных шарниров должны располагаться в одной плоскости.

Карданный вал заднего моста и промежуточный вал должны подвергаться динамической балансировке на стенде. Дисбаланс не должен превышать величин, указанных в технических условиях.

Ремонт коробок передач

Характерными неисправностями механической коробки передач, раздаточной коробки, главной передачи и бортовых редукторов являются: самовыключение передачи (из-за разрегулировки привода, износа подшипников, зубьев, шлицов, валов, фиксаторов); шумы при переключении (из-за неполного выключения сцепления или неисправностей синхронизатора); повышенные вибрации, шум, нагрев, люфт из-за износа или поломки зубьев шестерен, износа подшипников и их посадочных мест, ослабления креплений и разрегулировки зацепления зубчатых пар; подтекание смазки из-за износа сальников и повреждений уплотняющих прокладок.

Характерными неисправностями гидромеханической коробки передач (ГМП) являются: не включение какой-либо передачи при движении автомобиля из-за выхода из строя электромагнитов, заклинивания главного золотника, отказа в работе гидравлических клапанов, разрегулировки системы автоматического управления переключения передач; рывки при переключении передач как следствие разрегулировки переключателя золотников периферийных клапанов или ослабления крепления центробежного регулятора и тормоза главного золотника; несоответствие моментов переключения передач по скорости движения и степени открытия дроссельной заслонки карбюратора вследствие разрегулировки системы автоматического переключения передач или неисправностей силового и центробежного регуляторов (погнуто́сть, заедание

тяг и рычагов, ослабление креплений) пониженное давление масла в главной магистрали из-за износа деталей масляных насосов или чрезмерных внутренних утечек масла в передаче; повышенная температура масла на сливе из гидротрансформатора вследствие коробления или повышенного износа дисков фрикционов.

Для диагностирования коробок передач и главной передачи основное распространение получил метод, основанный на измерении суммарных люфтов при помощи специализированных люфтомеров-динамометров для задания необходимого момента (20—25 Н·м). При этом зев динамометрического ключа прибора накладывают на крестовину карданного вала, указатель закрепляют зажимом на шейке отражателя ведущего вала главной передачи, а шкалу на фланце заднего моста. Таким образом производится последовательное измерение люфтов главной передачи (с бортовыми редукторами) и коробки передач с карданным валом (для грузовых автомобилей последний измеряется отдельно). У новых обкатанных автомобилей люфт на различных передачах 2,5 — 6° (наименьший — на первой передаче, наибольший — на прямой). Предельные значения люфта — от 5 до 15°.

Ремонт сцепления

Характерными неисправностями сцепления являются: пробуксовка под нагрузкой (из-за отсутствия свободного хода, износа или замасливания функциональных накладок и ослабления пружин); неполное выключение (из-за увеличенного свободного хода, перекоса рычажков, заклинивания или коробления диска); резкое включение (вследствие заедания подшипника выключения, поломки демпферных пружин, износа шлицевого соединения); нагрев, стуки и шумы (из-за разрушения подшипника выключения, ослабления заклепок накладок диска).

Тема 2.11. Ремонт деталей ходовой части автомобилей

1. Ремонт рам, рессор, балок переднего моста, поворотных кулаков.
2. Ремонт картера ведущего моста, ступиц задних колес.
3. Восстановление тормозных барабанов.
4. Восстановление камер и шин.

Ремонт рам, рессор, балок переднего моста, поворотных кулаков

Погнутость продольных балок рамы в горизонтальной и вертикальной плоскостях вызывает смещение осей отдельных агрегатов и нарушает их нормальную работу. Наличие погнутости обычно определяют на глаз при помощи метровой линейки. Погнутые места выправляют в холодном состоянии специальными приспособлениями. Выправленные места проверяют прикладыванием к балке рамы метровой линейки. Погнутость и трещины

появляются в результате неправильной эксплуатации автомобиля (перегрузки, неправильной буксировки и т.п.), чрезмерной жесткости рессор, усталости металла.

Погнутость передних клыков вызывает смещение передних рессор и как следствие этого усиленный износ шин и затруднения в управлении автомобилем (тянет в сторону). Для проверки наличия и характера погнутости клыков в отверстия правого и левого рессорных кронштейнов пропускают металлический прямой прут.

Диаметр прута должен соответствовать диаметру отверстий кронштейнов. Если прут свободно проходит в отверстия, значит клыки не погнуты. В противном случае их необходимо выправить. Для правки погнутое место обкладывают древесным углем, который разжигают паяльной лампой. После прогрева клыки правят при помощи домкрата и цепи или специальным правочным прессом.

Трещины балок рамы обнаруживаются осмотром. Небольшие трещины заваривают электродуговой или газовой сваркой. Заварка рам, имеющих поперечные трещины, проходящие через весь профиль, или продольные трещины более 450 мм без усилительных накладок или коробок не допускается. При наличии больших трещин раму ремонтируют следующими способами:

Изготавливают специальную коробку по внутренним размерам балки рамы и вставляют ее плотно в раму в нагретом состоянии, затем заваривают поврежденное место и к раме приваривают коробку. Изготавливают коробку, просверливают в ней отверстия для заклепок, коробку вставляют плотно в балку рамы и, пользуясь коробкой как кондуктором, просверливают отверстия в раме. Затем приклепывают коробку к балке рамы стальными заклепками, которые предварительно нагревают до температуры 1000—1100 °С. При выполнении ремонта указанными способами особое внимание следует уделять плотной подгонке коробок, иначе балка рамы будет ослаблена. Иногда ремонт производят устанавливая накладку толщиной 8—10 мм и приваривая ее к балке рамы по периметру.

Ослабление заклепочных соединений определяют простукиванием молотком. При ослабевших заклепках слышен дребезжащий звук. Головки ослабевших заклепок срубают кузнечным зубилом, а стержни заклепок выбивают бородком.

Если отверстия под заклепки изношены и имеют неправильную форму, то их развертывают под увеличенный размер заклепок. Нагретую до температуры 1000—1100 °С заклепку вгоняют в подготовленное отверстие легкими ударами, под ее головку устанавливают упор и через обжимку частыми и сильными ударами расклепывают конец заклепки. После остывания проверяют качество клепки ударами молотка. Около заклепок звук должен быть чистым, без дребезжаний. В противном случае клепку следует произвести снова.

При капитальном ремонте автомобиля рамы полностью разбирают, детали промывают и тщательно осматривают. Для разборки заклепочных соединений рамы применяют пневматические рубильные молотки, газовую резку и

воздушно-дуговую резку угольными электродами. После среза головки заклепку выбивают из отверстия. Негодные детали рамы заменяют новыми. Погнутые балки или поперечины правят в холодном состоянии на прессе или специальном стенде. Качество правки контролируют поверочными линейками и шаблонами. Трещины на деталях рамы устраняют заваркой с постановкой или без постановки дополнительных деталей. Усталостную трещину перед сваркой прорезают, обеспечивая зазор, и сваривают встык. При трещинах, проходящих через отверстие для заклепок крепления поперечин, вырезают поврежденный участок и приваривают дополнительную деталь. Ослабленные заклепки срубают и вместо них устанавливают новые.

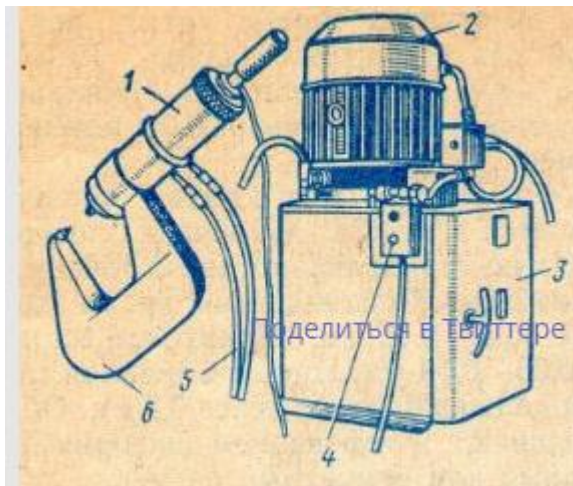


Рисунок 1 – Устройство для клепки рам

Перед постановкой новых заклепок проверяют состояние отверстия. Изношенные отверстия и отверстия, у кромок которых имеются трещины, заваривают. После зачистки поверхности и шва сверлят отверстия диаметром на 1 мм меньше номинального. На прессе раздают отверстие до номинального размера и упрочняют с двух сторон кромки.

После восстановления все участки, подвергавшиеся ремонту, зачищают, покрывают масляной грунтовкой и подкрашивают.

При сборке рам применяют гидравлическую клепальную установку (рис. 1), состоящую из гидравлического привода, арматуры и скобы с силовой головкой. В корпусе установки расположены масляный бак, масляный насос, реверсивный золотник с электромагнитами, реле давления и другие приборы. При помощи шлангов 5 масляный насос соединен с силовой головкой 1, укрепленной на скобе 6. За скобу силовую головку подвешивают на рабочем месте к крану-укосине или монорельсу через уравновешивающий механизм.

Силовая головка имеет мультипликатор для повышения давления. По шлангам 5 подается масло под давлением 140 кгс/см², а мультипликатор повышает его до 1000 кгс/см². Под таким давлением масло поступает в рабочий цилиндр скобы и приводит в движение поршень, связанный с бойком скобы.

Ремонт картера ведущего моста, ступиц задних колес

Основными дефектами деталей **главной передачи, дифференциала и полуосей** являются:

- износ или поломка зубьев,
- неправильная регулировка зацепления шестерен,
- износ подшипников и мест их посадки,
- износ шеек крестовин и торцовых поверхностей сателлитов и полуосевых шестерен,
- износ шлицев и шпоночного соединения полуосей, сальников и мест их посадки.

Для проведения ремонтных работ ведущий мост снимают с автомобиля и производят частичную или полную разборку его на отдельные узлы и детали.

У картеров задних мостов наиболее часто встречаются дефекты:

- трещины,
- погнутость,
- износ шеек под наружный и внутренний подшипники ступицы заднего колеса,
- износ или срыв резьбы.

Трещины на фланце картера, проходящие через резьбовые отверстия, не более двух, расположенных рядом, и не более трех, расположенных в разных местах, заваривают. Также заваривают разрушенные сварные швы. Погнутость картера заднего моста устраняют правкой на стенде. Изношенные шейки восстанавливают наплавкой под слоем флюса или вибродуговым способом с последующей механической обработкой под номинальный размер.

Сорванную или изношенную резьбу под гайку крепления подшипников ступицы колеса восстанавливают наплавкой с последующим нарезанием резьбы номинального размера. Сорванную или изношенную более двух ниток резьбу в отверстиях восстанавливают нарезанием резьбы увеличенного ремонтного размера или постановкой ввертышей с резьбой номинального размера.

Картер редуктора и крышки подшипников дифференциала не обезличивают, так как они обработаны совместно. Поэтому после разборки крышки привязывают к картеру. Основные дефекты картера редуктора: сколы и трещины, износ отверстий, срыв или износ резьбы. Сколы фланца крепления к картеру заднего моста и трещины на картере редуктора ремонтируют сваркой с последующей зачисткой шва заподлицо с основным металлом. Изношенные отверстия под роликовый подшипник вала ведущей конической шестерни и отверстия под гнезда подшипников вала ведущей цилиндрической шестерни восстанавливают постановкой дополнительной детали-втулки или осталиванием с последующей расточкой под ремонтный или номинальный размер.

Изношенные отверстия под подшипник дифференциала ремонтируют наплавкой. Перед наплавкой отверстия растачивают. На картере и крышке обваривают гнезда подшипников, а затем тщательно припиливают по линейке плоскости разъема. Закрепив крышки к картеру, растачивают отверстия под

номинальный размер. Сорванную или изношенную резьбу восстанавливают ранее рассмотренными способами.

Основными неисправностями чашек коробки дифференциала являются задиры, риски, износ отверстий. Задиры, риски или неравномерный износ торца под шайбу шестерни полуоси, а также сферической поверхности под шайбы сателлитов устраняют проточкой и установкой шайбы ремонтного размера. При износе отверстий под шипы крестовины дифференциала сверлят новые отверстия под углом 45° к старым.

При износе отверстий под стяжные болты сверлят новые отверстия в промежутке между старыми и зенкуют их с двух сторон. Изношенное отверстие под шейку шестерни полуоси восстанавливают постановкой втулки с последующей расточкой ее отверстия под номинальный размер. Изношенные шейки под роликовый подшипник восстанавливают наплавкой, раздачей и хромированием. Перед наплавкой чашку дифференциала устанавливают в приспособлении на планшайбе токарного станка и обтачивают шейку. Наплавку ведут вибродуговым способом. После наплавки шейку обтачивают и шлифуют под номинальный размер.

Шейки чашек коробки дифференциала можно восстанавливать раздачей. Для этого под прессом или на протяжном станке через отверстие шейки продавливают шаровую оправку. Затем шлифованием обрабатывают шейку до номинального размера. При небольших износах шейку целесообразно восстанавливать хромированием.

Стакан подшипников вала ведущей конической шестерни имеет следующие основные дефекты: износ отверстий, износ или срыв резьбы. Изношенные отверстия под большой или малый роликовые подшипники восстанавливают постановкой втулки или вибродуговой наплавкой с последующей расточкой гнезда подшипников под номинальный размер. Отверстие с изношенной или сорванной резьбой ремонтируют постановкой ввертыша.

Крестовина дифференциала в основном имеет износ и задиры на поверхности шипов, устраняемые шлифованием под ремонтные размеры, наплавкой, хромированием, осталиванием. Крестовины с ремонтными размерами шипов устанавливают в чашки дифференциала, в которых отверстия имеют ремонтный размер или вновь просверлены между старыми отверстиями. Хромирование целесообразно применять при небольших износах шипов, а при значительных износах — осталивание и вибродуговую наплавку. После восстановления шипы шлифуют под номинальный размер.

Полуоси имеют дефекты: скручивание, погнутость полуоси или фланца, износ шлицев, отверстий, резьбы. Скрученную полуось бракуют. Погнутую полуось правят под прессом до устранения изгиба. После правки подрезают внутренний торец фланца, выдерживая минимально допустимую по техническим условиям его толщину. Изношенные шлицы восстанавливают наплавкой или постановкой дополнительной детали.

Шлицевую шейку, восстановленную наплавкой, обтачивают на токарном станке, а затем на фрезерном станке нарезают шлицы червячной фрезой. Далее шлицевой конец полуоси подвергают термической обработке на установке т. в. ч. При постановке дополнительной детали шлицевой конец отрезают, а вместо него приваривают новый. После ремонта полуось проверяют на биение и при необходимости правят. Изношенные конусные отверстия под разжимные втулки ремонтируют заваркой. Поврежденную или изношенную резьбу в отверстиях под болты съемника восстанавливают нарезанием ремонтной резьбы.

Ступицы колес могут иметь следующие дефекты:

- износ отверстий под кольца подшипников и шпильки крепления колес,
- коробление фланца крепления тормозного барабана,
- износ или срыв резьбы под болты или шпильки крепления фланца полуоси (в ступицах задних колес).

Изношенные отверстия под подшипники восстанавливают постановкой ремонтных втулок или наплавкой. В ступице растачивают на приспособлении гнезда под соответствующий размер. Затем запрессовывают ремонтную втулку и обрабатывают ее отверстие под номинальный размер. Наплавку изношенных гнезд осуществляют вибродуговым способом, применяя проволоку диаметром 1,6 мм и марки Св08 (ГОСТ 2246—60). Рекомендуется следующий режим наплавки: сила тока — 100—110 А, напряжение—16—18 В, частота вращения детали — 0,8 об/мин, шаг наплавки — 3,3 мм/об, скорость подачи проволоки— 1,3 м/мин. После наплавки гнезда растачивают до номинальных размеров.

Коробление фланца крепления тормозного барабана устраняют протачиванием фланца на токарном станке. При этом ступица крепится в приспособлении. Изношенные поверхности под сальники ремонтируют постановкой втулок или электроимпульсной наплавкой.

Изношенные отверстия под шпильки крепления колес восстанавливают постановкой втулок. При обработке применяют кондуктор со сменными кондукторными втулками и осуществляют рассверливание отверстий, зенкование и развертывание. В развернутые отверстия запрессовывают ремонтные втулки. Отверстия с поврежденной или изношенной (более двух ниток резьбой) восстанавливают постановкой ввертышей или сверлят новые отверстия между имеющимися и нарезают резьбу под шпильки или болты крепления фланца полуоси.

Ведущая цилиндрическая и ведомая коническая шестерни. Основными дефектами шестерен являются сколы и выкрашивание рабочей поверхности зубьев, износ зубьев по толщине, износ посадочных мест под роликовый подшипник, ведомую коническую и ведущую цилиндрическую шестерни. Шестерни, имеющие сколы, выкрашивание рабочей поверхности зубьев и износ по толщине более допустимой по техническим условиям величины, бракуют. Изношенные посадочные места восстанавливают хромированием, осталиванием или наплавкой. Перед хромированием и осталиванием посадочные места (шейки) шлифуют.

Так же обрабатывают шейки шлифованием до номинального размера после восстановления. Если забракована одна шестерня, то шестерни разбирают. Для этого их расклепывают и спрессовывают коническую шестерню. Приклепывание ведущей цилиндрической к ведомой конической шестерне производят на прессе в приспособлении (рис. 2). Шестерни устанавливают шейкой под подшипник в отверстие втулки 3.

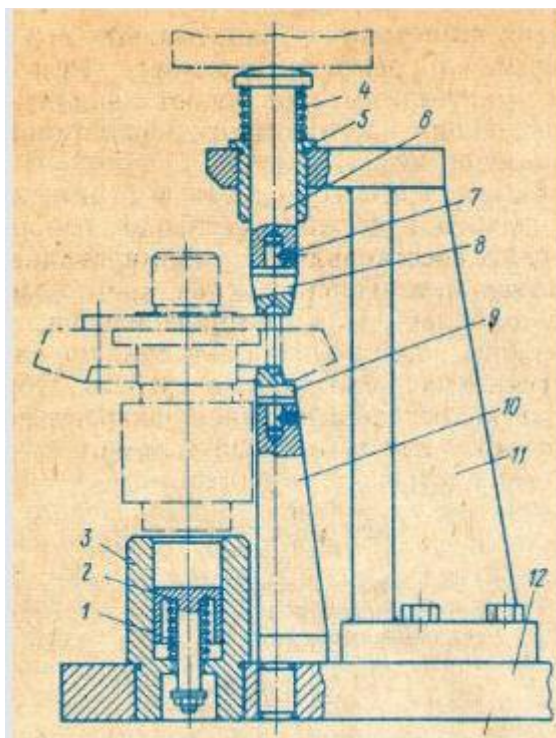


Рисунок 2 – Приспособление для клепки ведущей цилиндрической и ведомой конической шестерни

Восстановление тормозных барабанов

Тормозные барабаны/диски со временем стирают рабочую поверхность, вследствие чего появляются различные неровности и борозды. Постепенно эффективность тормозов начинает ухудшаться, а износ колодок увеличивается, начинают возникать вибрации.

Важно вовремя заметить ухудшение характеристик тормозной системы. Это позволит сэкономить деньги при дальнейшем ремонте, так как одна неисправность тянет за собой более значительные поломки. Обычная замена колодок грузовому автомобилю при наличии значительных повреждений тормозных дисков или барабанов, не приведет к желаемым результатам. Поэтому, при наличии допустимой толщины дисков (барабанов), важно выполнить проточку тормозных барабанов/дисков грузовой техники. В результате удаления всех нежелательных неровностей, тормозные колодки всей своей поверхностью плотно прижимаются к тормозным дискам и эффективность тормозов резко возрастает!

Проточка тормозных дисков и барабанов является эффективным инструментом для устранения проблем с биением дисков и ускоренным износом колодок!

Ремонт деталей ходовой части гусеничных машин

1. Ремонт опорных катков и поддерживающих роликов.
2. Восстановление ведущих колес.
3. Восстановление звеньев гусеничных лент.

Ремонт опорных катков и поддерживающих роликов

Многие детали ходовой части гусеничных машин в процессе работы испытывают большие контактные нагрузки и подвергаются абразивному изнашиванию. В результате некоторые из них изнашиваются на значительную величину, а потеря металла для одной детали достигает до 30-40%, что необходимо учитывать при выборе способа восстановления.

Основные дефекты опорных катков и поддерживающих роликов:

- износ рабочих поверхностей;
- износ поверхности посадочных мест под наружные кольца подшипников.

У поддерживающих роликов с резиновыми бандажами происходит износ или разрушение бандажей, которые заменяют новыми.

Опорные катки выбраковывают при одновременном износе обода до толщины менее 10 мм, а также при наличии двух трещин на ободе.

При восстановлении опорных катков трещины заваривают электродуговой сваркой электродом Э-42.

Изношенные рабочие поверхности поддерживающих роликов, ободьев опорных катков тракторов класса тяги 3т восстанавливают автоматической наплавкой проволокой Св-08 под флюсом АНК-18, проволокой Нп-65Г под флюсом АН-348А, порошковой проволокой ПП-АН122 или порошковой лентой без последующей механической обработки.

В условиях мелкосерийного производства для восстановления опорных катков и поддерживающих роликов применяют бандажирование. Рабочую поверхность детали протачивают до выведения следов износа. Из полосовой стали толщиной 8-10 мм изготавливают кольцо, напрессовывают после нагрева на обод с натягом 0,15—0,25 мм и приваривают по торцу. Долговечность катков, восстановленных бандажированием, составляет 50—60% от уровня новых. На специализированных ремонтных предприятиях опорные катки восстанавливают электрошлаковой наплавкой. Опорные катки, восстановленные этим способом, по износостойкости не уступают новым.

Для восстановления опорных катков и поддерживающих роликов в условиях специализированных предприятий может быть использована заливка жидким металлом (чугуном или сталью).

При восстановлении опорных катков, поддерживающих роликов и направляющих колес тракторов Т-170 требуется обработка наплавленных поверхностей. В зависимости от твердости наплавленного металла применяют электроконтактную (разновидность анодно-механической обработки) или токарную обработку поверхностей. Наплавленные под слоем флюса проволокой Нп-50, Нп-65Г беговые дорожки роликов, опорных катков и направляющих колес после обработки на токарных станках до нормального размера закаливают с нагрева НВЧ на глубину 5 мм до твердости НКС 45.

Восстановление ведущих колес

При текущем ремонте ведущие колеса гусеничных машин с односторонним износом переставляют, с одной стороны, на другую. Если зубья изношены с двух сторон, в условиях мелкосерийного производства их наплавляют ручной электродуговой сваркой. При ручной наплавке на ступице колеса закрепляют шаблон (используют новое зубчатое колесо). Вначале зуб наплавляют по кромкам с обеих сторон электродами УОНИ-15/35, а затем по всему профилю электродами ОМЧ-1.

На специализированных предприятиях ведущие колеса восстанавливают приваркой накладок.

Тема 2.12. Ремонт деталей ходовой части гусеничных машин

1. Ремонт опорных катков и поддерживающих роликов.
2. Восстановление ведущих колес.
3. Восстановление звеньев гусеничных лент.

2.12.1. Ремонт опорных катков и поддерживающих роликов

Многие детали ходовой части гусеничных машин в процессе работы испытывают большие контактные нагрузки и подвергаются абразивному изнашиванию. В результате некоторые из них изнашиваются на значительную величину, а потеря металла для одной детали достигает до 30-40%, что необходимо учитывать при выборе способа восстановления.

Основные дефекты опорных катков и поддерживающих роликов:

- износ рабочих поверхностей;
 - износ поверхности посадочных мест под наружные кольца подшипников.
- У поддерживающих роликов с резиновыми бандажами происходит износ или разрушение бандажей, которые заменяют новыми.

Опорные катки выбраковывают при одновременном износе обода до толщины менее 10 мм, а также при наличии двух трещин на ободе.

При восстановлении опорных катков трещины заваривают электродуговой сваркой электродом Э-42.

Изношенные рабочие поверхности поддерживающих роликов, ободьев опорных катков тракторов класса тяги 3т восстанавливают автоматической наплавкой проволокой Св-08 под флюсом АНК-18, проволокой Нп-65Г под флюсом АН-348А, порошковой проволокой ПП-АН122 или порошковой лентой без последующей механической обработки.

В условиях мелкосерийного производства для восстановления опорных катков и поддерживающих роликов применяют бандажирование. Рабочую поверхность детали протачивают до выведения следов износа. Из полосовой стали толщиной 8-10 мм изготавливают кольцо, напрессовывают после нагрева на обод с натягом 0,15—0,25 мм и приваривают по торцу. Долговечность катков, восстановленных бандажированием, составляет 50—60% от уровня новых. На специализированных ремонтных предприятиях опорные катки восстанавливают электрошлаковой наплавкой. Опорные катки, восстановленные этим способом, по износостойкости не уступают новым.

Для восстановления опорных катков и поддерживающих роликов в условиях специализированных предприятий может быть использована заливка жидким металлом (чугуном или сталью).

При восстановлении опорных катков, поддерживающих роликов и направляющих колес тракторов Т-170 требуется обработка наплавленных поверхностей. В зависимости от твердости наплавленного металла применяют электроконтактную (разновидность анодно-механической обработки) или токарную обработку поверхностей. Наплавленные под слоем флюса проволокой Нп-50, Нп-65Г беговые дорожки роликов, опорных катков и направляющих колес после обработки на токарных станках до нормального размера закаливают с нагрева НВЧ на глубину 5 мм до твердости НКС 45.

Восстановление ведущих колес

При текущем ремонте ведущие колеса гусеничных машин с односторонним износом переставляют, с одной стороны, на другую. Если зубья изношены с двух сторон, в условиях мелкосерийного производства их наплавливают ручной электродуговой сваркой. При ручной наплавке на ступице колеса закрепляют шаблон (используют новое зубчатое колесо). Вначале зуб наплавливают по кромкам с обеих сторон электродами УОНИ-15/35, а затем по всему профилю электродами ОМЧ-1.

На специализированных предприятиях ведущие колеса восстанавливают приваркой накладок.

Восстановление звеньев гусеничных лент

У звена гусеничной цепи изнашиваются отверстия проушин, беговые дорожки, почвозацепы, цевки в местах соприкосновения с зубьями ведущего

колеса. Деформированные звенья правят на гидравлическом прессе, небольшие трещины заваривают.

Износ проушин допускается до толщины стенки 3 мм, а износ цевки — до 7 мм. Изношенные пальцы заменяют новыми.

При восстановлении звеньев гусениц тракторов класса тяги 3 наибольшее распространение получили способы пластического деформирования (обжатие), заливка жидким металлом, электродуговая наплавка. Наилучшие показатели качества обеспечивает способ пластического деформирования многосекционными пуансонами на специализированных линиях.

С помощью электрической дуги угольным электродом в стенке проушины со стороны наибольшего износа прожигают технологическое отверстие, в проушину вставляют технологический стержень и закупоривают ее с обеих сторон огнеупорной глиной. Металл расплавляют в тиглях или с помощью ТВЧ и заливают в проушины через технологические отверстия. Он заполняет полость проушины и, кристаллизуясь, образует вкладыш, удерживаемый за счет неравномерно изношенной поверхности проушины и металлом, застывшим в технологическом отверстии.

Проушины звеньев восстанавливают также кузнечно-сварочным способом. Изношенные проушины нагревают в горне до температуры 800-900 °С, разрубает и обжимают на оправке молотком. Место стыка заваривают электродуговой сваркой и наплавляют слой металла для получения нормальной толщины стенки.

При ремонте гусеничной цепи трактора Т-170 изношенные втулки и пальцы не восстанавливают. Втулки и пальцы, имеющие односторонний износ, поворачивают на 180°, а при двустороннем — выбраковывают. При значительном износе отверстий под втулки и пальцы звенья заменяют. Беговую дорожку звена восстанавливают наплавкой. Изношенные почвозацепы башмаков наплавляют под слоем флюса в специальных приспособлениях. Разбирают и собирают гусеничную цепь с помощью гидравлического пресса.

У звеньев гусеничных цепей экскаваторов изнашиваются боковые дорожки, гребни и отверстия в проушинах.

Беговые дорожки, изношенные более чем на 6 мм, восстанавливают автоматической наплавкой под слоем флюса. Изношенные поверхности гребней звеньев наплавляют вручную по шаблонам электродами ОЗН-250У или ОЗН-300У. После наплавки зачищают гребни шлифовальным кругом. Звенья, имеющие значительный износ отверстий в проушинах, выбраковывают.

Тема 2.13. Ремонт гидравлических систем

1. Предремонтная диагностика элементов гидропривода.
2. Неисправности и отказы в сборочных единицах гидроаппаратуры: насосах, гидромоторах, гидрораспределителях, гидроцилиндрах, гидротрансформаторах и гидромуфтах. Особенности технологии их ремонта.

Предремонтная диагностика элементов гидропривода

Неисправности гидравлических систем являются, как правило, следствием износа деталей и нарушения правил ее эксплуатации. Причинами неисправностей часто бывают неправильная сборка агрегатов, ослабление креплений, утечки масла, его плохая очистка и низкое качество материала уплотнений, нарушение первоначальных регулировок и другие причины. Нарушения работоспособности любой гидравлической системы можно объединить в две группы. В первом случае гидравлическая система вообще не работает — не происходят подъем навешенного орудия, поворот трактора, включение передачи или привода на ВОМ. Как правило, это является следствием нарушения нормальной циркуляции масла в соответствии с заданным режимом работы гидравлической системы. Возможные причины — неплотное соединение маслопроводов и агрегатов; неисправности запорных устройств соединительных муфт; залегание (заклинивание), разрегулирование или потеря герметичности клапанов, управляющих циркуляцией масла; загрязнение заборного фильтра или неисправность гидронасоса (не подается масло в систему), холодное масло или недостаточный его уровень в баке. Во втором случае гидравлическая система функционирует, однако значения основных показателей ее рабочих процессов, например длительность подъема навешенного орудия, способность удерживать его в транспортном положении продолжительное время, длительность поворота или включения передачи гидромуфтами, отклоняются от номинальных значений. Отклонения указанных параметров вызваны в большинстве случаев нарушением герметичности замкнутых рабочих объемов агрегатов гидравлической системы в связи с износом или разрушением деталей. При этом снижается подача масла насосом, увеличиваются его утечки в гидрораспределителях и других механизмах, в том числе исполнительных гидроцилиндрах, где через неплотности поршня масло перетекает из одной полости цилиндра в другую. Внешними признаками неисправностей являются медленный подъем или самопроизвольное опускание навешенного орудия, образование пены в баке, подтекание, нагрев масла, заедание или отсутствие фиксации золотников гидрораспределителя.

Неисправности и отказы в сборочных единицах гидроаппаратуры: насосах, гидромоторах, гидрораспределителях, гидроцилиндрах, гидротрансформаторах и гидромуфтах. Особенности технологии их ремонта

В СДМ и ПТМ широко применяют шестеренные насосы.

Конструктивно шестеренчатые насосы разнообразны. Они различаются по способу монтажа; по объемной подаче и давлению; опорами качения или скольжения и др. КПД шестеренчатых насосов — 0,76—0,9.

Основная причина преждевременного выхода из строя насоса — работа на загрязненном или недоброкачественном масле, приводящая к повышенному изнашиванию трущихся поверхностей. Потеря производительности шестеренчатых насосов обусловлена в основном увеличением торцовых зазоров между зубчатыми колесами 1, 9 и опорными вкладышами 4, 10.

Утечки масла через торцовые зазоры примерно в 3—4 раза больше, чем через такие же радиальные зазоры. Это объясняется тем, что при вращении шестерен создается сопротивление течению масла по радиальным зазорам между выступами зубьев шестерен и расточенными в корпусе отверстиями. Кроме того, путь движения масла по радиальным зазорам из полости всасывания А в полость Б значительно больше, чем по торцовым. Вместе с тем вращение шестерен способствует утечке масла через торцовые зазоры по ходу их вращения. Поэтому увеличение торцовых зазоров приводит к уменьшению давления масла, а следовательно, к уменьшению производительности насоса.

В процессе длительной эксплуатации шестеренного насоса изнашиваются поверхности корпуса 8 (см. рис. 1) в зоне работы зубчатых колес 1 и 9, а также валики 3. Внутренние поверхности крышек 2, 7, 12 практически не изнашиваются. Значительное изнашивание имеют соприкасающиеся торцовые поверхности зубчатых колес 1, 9 и вкладышей 4, 10. На этих поверхностях возникают кольцевые задиры, царапины, волнистость. Изнашиваются также игольчатые подшипники, на которых смонтированы валики 3 и манжета в крышке 7. Корпус 8 насоса изнашивается неравномерно, наибольшее изнашивание на поверхности расточки в корпусе в зоне всасывания является следствием действия масла со стороны полости нагнетания. Зубчатые колеса вершинами зубьев прижимаются к корпусу с противоположной стороны в зоне всасывания, образуя местный износ И.

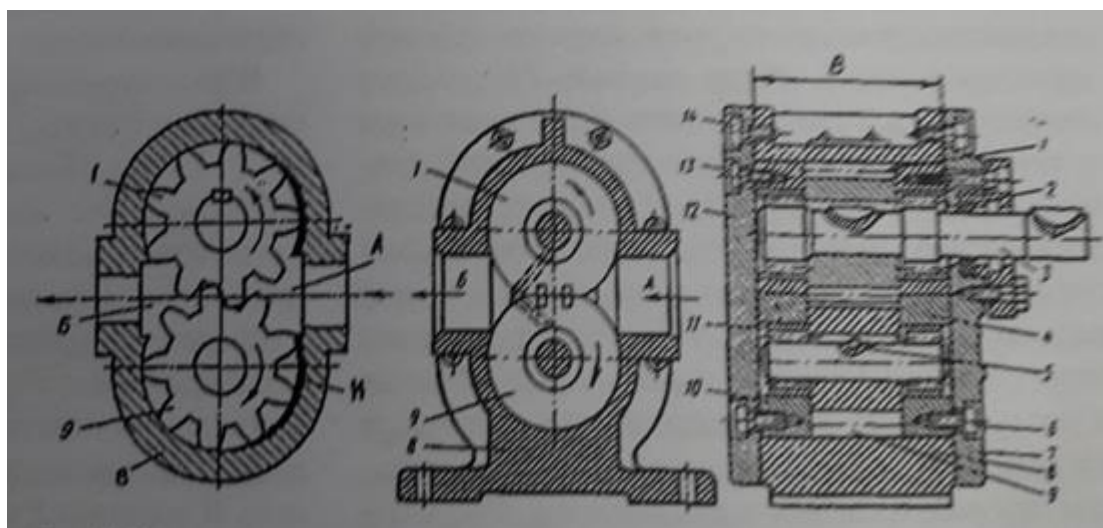


Рисунок 1 – Конструкции шестеренных насосов

1, 9 – зубчатые колеса; 2, 7, 12 – крышки; 3 – валик; 4, 10 – вкладыши; 5 – штифты; 6, 13, 14 – винты; 8 – корпус; 11 – втулка

Капитальный ремонт шестеренчатых насосов связан с восстановлением корпуса, заменой зубчатых колес и других деталей. Его следует осуществлять только в хорошо организованном и оснащем ремонтном производстве. Однако и в этих условиях не всегда целесообразно восстанавливать изношенную внутреннюю поверхность корпуса. Это объясняется тем, что радиальный зазор со стороны нагнетательного отверстия после замены изношенных зубчатых колес и подшипников практически равен зазору в новом колесе, а увеличенный из-за изнашивания зазор со стороны всасывающего отверстия не оказывает значительного влияния на эксплуатационные характеристики насоса.

При изнашивании поверхностей расточек корпуса в зоне нагнетания, возникающего, как правило, из-за работы насоса на загрязненном масле, ремонт выполняют растачиванием. Износ устраняют посредством увеличения диаметральных размеров расточек при сохранении существующего межосевого расстояния зубчатых колес, которые заменяют новыми – скорректированными. В последних изменяют профиль зубьев, что необходимо для восстановления межосевого расстояния, которое может нарушаться вследствие увеличения радиального зазора между зубьями колес и износившейся внутренней поверхностью корпуса насоса. При корректировании зубчатых колес увеличивают радиусы окружностей выступов и впадин на ту величину, на которую увеличился радиальный зазор. Корректированные зубчатые колеса изготавливают по соответствующим чертежам.

Корпуса шестеренчатых насосов, работающих под давлением до 2,5 МПа, можно восстанавливать с помощью пластмассовых композиций — акриловых пластмасс: акрилата АТС-1, бутакрила, эпоксидно-акриловых пластмасс СХЭ-2 и СХЭ-3 [7]. Эти пластмассы в качестве связующих материалов содержат акриловые смолы — продукты полимеризации метилметакрилата и сополимеризации метилметакрилата со стиролом. Эти термопластические быстроотвердевающие пластмассы холодного отверждения получают смешиванием порошка и жидкости.

Изготовленная масса, имеющая жидкую консистенцию, затвердевает без подогрева и давления. Затвердевшая пластмасса стойка к воздействию щелочей любой концентрации, бензина, масла, воды. Раствор пластмассы готовят непосредственно перед применением.

В восстанавливаемом корпусе 2 растачивают отверстия 9 (рис. 2) с диаметральным размером, на 2—3 мм превышающим наружный диаметр зубчатых колес. Изготавливают вставки 3, диаметральные размеры которых равны наружным диаметрам зубчатых колес. Вставки монтируют в отверстия под подшипники валов и совместно с фланцами 1 и 4 крепят с корпусом 2. Выполняют из пластилина воронки 5. Отверстия всасывания и нагнетания закрывают пластилином. В воронки 5 заливают пластмассу, которая образует втулки 10. После затвердевания пластической массы вывертывают центрирующие

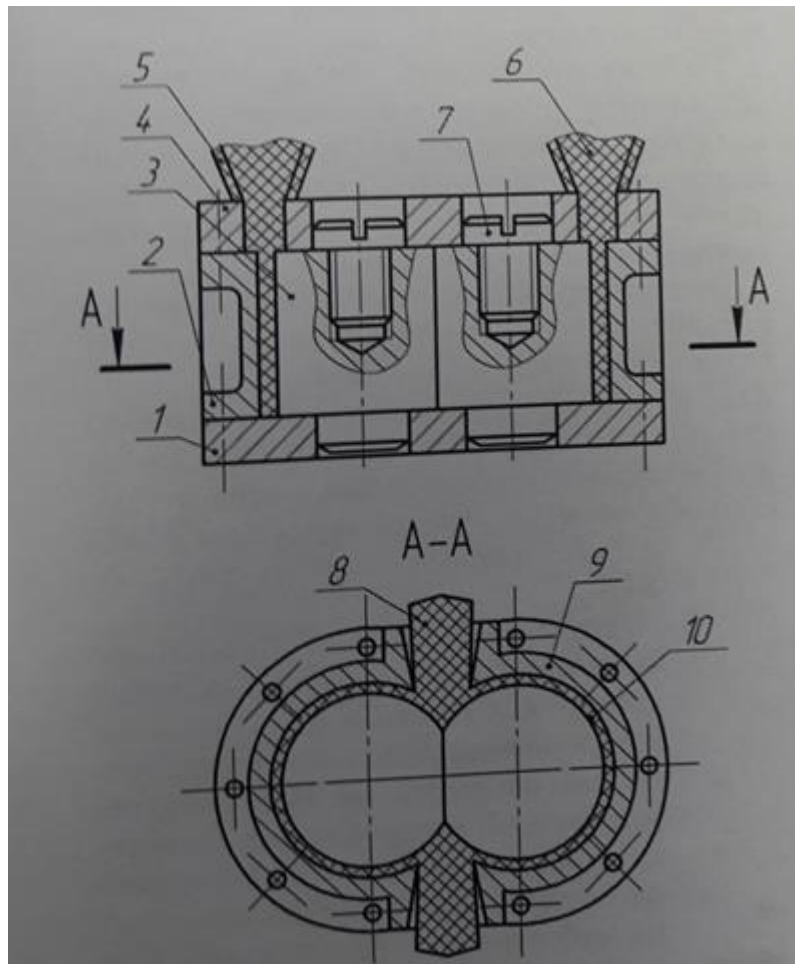


Рисунок 2 – Схема восстановления корпуса насоса

са пластиковой массой.
 1, 4 – крышки; 2 – корпус; 3 – вставка; 5 – воронка;
 6 – пластиковая масса; 7 – винты; 8 – пластилин; 9 – от-
 верстие; 10 – втулка

винты 7, снимают фланцы 1 и 4 и удаляют приливы пластика.

Ремонт зубчатых колес насоса определяется характером их изнашивания. Изнашивание торцовых поверхностей колес устраняют шлифованием, обеспечивая при этом параллельность торцов и перпендикулярность последних к оси зубчатого колеса с точностью до 0,015 мм. Зубчатые колеса, имеющие изношенный профиль зубьев, заменяют новыми, изготовленными из стали 45 или 40Х с закалкой при нагреве ТВЧ. К реставрированным или новым зубчатым колесам предъявляют следующие требования: торцовое биение должно быть не более 0,01 мм, отклонение от параллельности торцов — не выше 0,015 мм, биение наружной поверхности относительно оси отверстия — 0,015—0,02 мм, конусообразность и овальность наружной поверхности — не более 0,02 мм.

Валики шестерен, изношенные в посадочных местах подшипников, заменяют новыми, реже — восстанавливают. Валики изготавливают из стали 20Х, цементируют на глубину 1—1,2 мм и подвергают закалке на твердость 60—62 HRC, а затем шлифуют на круглошлифовальном станке, обеспечивая шероховатость поверхности $Ra = 0,63$ мкм; поверхности валиков под тела качения (иглы) шлифуют особенно тщательно (отклонение от круглости и цилиндричности составляет 5—6 мкм, шероховатость — $Ra = 0,1$ мкм). Изношенные торцы игольчатых подшипников восстанавливают шлифованием, устраняя следы изнашивания (царапины, задирры). Изношенные торцы вкладышей восстанавливают также шлифованием. Вкладыши с сильно изношенными отверстиями заменяют новыми. При восстановлении вкладышей отверстия расшлифовывают до диаметрального размера, необходимого для установки ближайшего по диаметру стандартного игольчатого подшипника, учитывая при этом диаметральный размер шейки восстановленного или нового валика.

Для обеспечения правильной работы зубчатых колес насоса вкладыши шлифуют попарно в один размер, обеспечивая при этом отклонение от параллельности их торцовых поверхностей 0,01 мм. Допускается биение наружной цилиндрической поверхности вкладыша относительно оси его отверстия до 0,01 мм, а биение торцовых поверхностей относительно оси отверстия на диаметре наибольшего размера — не более 0,01 мм. Соблюдение указанных условий обеспечивает отсутствие защемления зубьев колес при малых торцовых зазорах.

После замены или восстановления зубчатых колес и вкладышей определяют их суммарную ширину. С ее учетом выполняют шлифование одного из торцов корпуса, чтобы длина посадочного отверстия в корпусе δ насоса (см. рис. 1, размер В) была на 0,05—0,06 мм больше общего размера по ширине зубчатого колеса и двух вкладышей. При шлифовании корпуса допускается отклонение от параллельности торцов в пределах 0,01—0,02 мм. Равномерность и требуемый торцовый зазор между зубчатыми колесами и торцами вкладышей являются одними из основных критериев качества ремонта шестеренчатого насоса. Суммарные зазоры между торцами зубчатых колес и вкладышами, а так-

же между головками зубьев колес и сопряженной с ними внутренней поверхностью корпуса должны быть в пределах 0,03—0,05 мм. В отдельных случаях необходимый торцовый зазор может быть обеспечен посредством прокладок из фольги, которые устанавливают между торцами корпуса и крышек. Однако этот метод недостаточно надежен. Его рекомендуется использовать только в отдельных случаях до очередного планового ремонта.

После восстановления и замены деталей ремонтируемого шестеренчатого насоса их промывают в керосине и смазывают тонким слоем минерального масла. Изношенные уплотнения заменяют новыми. Игольчатые подшипники промывают в бензине и смазывают солидолом. Плоскости корпуса, крышек и вкладышей не должны иметь царапины и забоины. Сборку насоса выполняют так, чтобы внутренняя изношенная поверхность корпуса была со стороны всасывающего отверстия, т.е. слева, если смотреть со стороны приводного вала, и дренажные каналы для масла на вкладышах были бы выведены в ту же сторону.

Последовательность послеремонтной сборки шестеренчатого насоса следующая. Сборку начинают с запрессовки во вкладыши 4 и 10 (см. рис. 1) втулок игольчатых подшипников. Затем в корпус 8 запрессовывают левый вкладыш, с наружной стороны которого устанавливают пропитанную маслом или нитролаком бумажную прокладку, и крышку 12, закрепляя ее винтами 13 и 14. В валик 3 запрессовывают штифт 5 и монтируют зубчатое колесо 9. На второй валик устанавливают на сегментной шпон-

ке зубчатое колесо 1. На внутреннюю поверхность втулки 11 наносят слой солидола и вводят в отверстие монтажный вал, устанавливая в зазор между валиком и втулкой иглы игольчатого подшипника. После съема монтажного вала иглы подшипника удерживаются слоем солидола, нанесенного на поверхность втулки.

Правый вкладыш прикрепляют к крышке 7 винтами, также установив предварительно между ним и крышкой бумажную прокладку, пропитанную нитролаком. Во втулку правого вкладыша с помощью монтажного вала устанавливают иглы игольчатого подшипника.

Зубчатые колеса, находящиеся на валиках, монтируют в корпус, проверив шупом зазоры в зубчатом зацеплении и высоту части корпуса насоса, выступающей над зубчатыми колесами. Затем монтируют крышки 7 с вкладышами и сальниковое уплотнение. Во избежание зажима и перекоса валиков и шестерен винты крепления крышек 2, 7, 12 заворачивают попеременно и до отказа.

При послеремонтной сборке насоса без уплотняющих прокладок необходимо тщательно пригнать (шабрением или другим способом) сопрягаемые поверхности деталей для обеспечения надежной герметичности соединений между корпусом и крышками.

Отремонтированные насосы подвергают испытанию на специальном стенде с целью определения их производительности и объемного КПД (отношение подачи насоса при заданном давлении к его подаче без давления). Чем точнее выполнены сопрягаемые детали и меньше зазоры между ними, тем меньше внутренние утечки в насосе и больше значение объемного КПД.

Испытываемый насос 7 (рис. 3) всасывает масло из бака через сетчатый фильтр 1. От насоса масло подается в трубопровод, откуда может проходить по двум направлениям. Если насос перегружен, то масло через предохранительный клапан 6, который настроен на определенное давление, поступает по трубопроводу 5 обратно в бак 2. При испытании насоса его нагрузка устанавливается посредством дросселя 10 и контролируется манометром 9, который имеет демпфер 8.

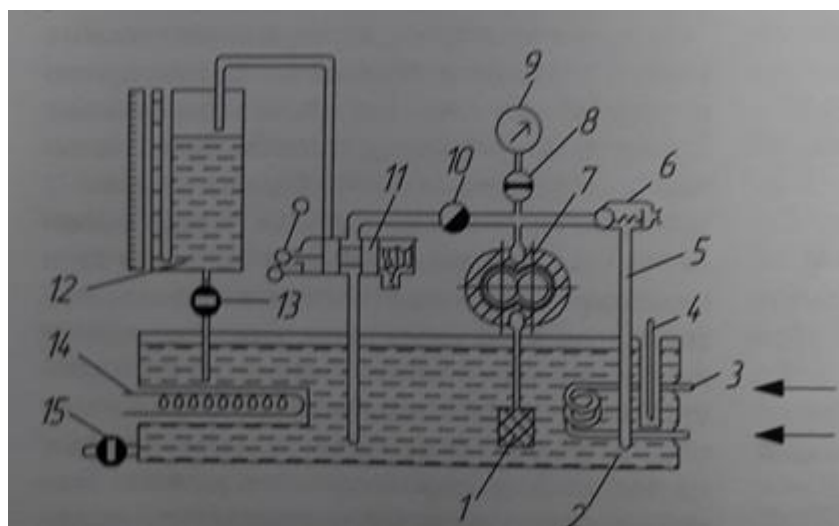


Рисунок 3 – Схема испытательного стенда

Масло, пройдя через дроссель *10*, поступает в распределитель *11* с ручным управлением. Из распределителя масло в зависимости от положения плунжера подается в измерительный бак *12* или в бак *2*. Производительность насоса определяют по заполнению маслом бака *12* (начало и конец поступления масла фиксируют по секундомеру). Для испытания отремонтированных насосов в ремонтном производстве целесообразно иметь два стенда: малый — для испытания насосов производительностью до 30 л/мин — и большой — для испытания спаренных насосов различных типов и насосов большой производительности.

Масляный бак должен иметь такую емкость, которая обеспечивает двух- или трехминутную работу испытываемого насоса с большой производительностью. Для создания различных условий испытания в баке стенда смонтированы электропрогреватели *14* для подогрева масла и змеевик *3*, который подключен к водопроводу и служит для охлаждения. Температура масла контролируется термометром *4*, а уровень масла — маслоуказателем. Слив масла из бака *12* в основной бак *2* осуществляют через кран *13*, а из основного бака (например, для очистки масла) — через кран *15*.

Насос при испытании монтируют на стенде, соединяя входной вал с электродвигателем и подсоединяя патрубки. Вначале проверяют легкость вращения входного вала, затем насос обкатывают вхолостую в течение 30 мин. Всасывающий трубопровод во избежание подсоса воздуха должен быть герметичным. Когда масло в баке прогревается до температуры 40–50 °С, устанавливают дроссель *10* так, чтобы масло под давлением, указанным в паспорте на на-

сос, поступило в измерительный бак *12*. Измерив время его наполнения, определяют производительность насоса (в л/мин). Затем этот бак наполняют вторично при полностью открытом дросселе. Определив производительность насоса при открытом дросселе, вычисляют объемный КПД. Для шестеренчатых насосов КПД должен быть в пределах 0,76–0,9 [8].

При испытании проверяют также наличие течи в соединениях. Утечки масла по входному валу при максимальном рабочем давлении не должны превышать 20 см/мин. Во время испытания недопустимы быстрый нагрев и эмульсирование масла. Насос после ремонта должен работать без резкого шума и вибраций.

У гидрораспределителей износу подвержены рабочие клапаны и их гнезда. Золотники не удерживаются в рабочих положениях из-за износа обоймы фиксатора. В сопряжении золотник — отверстие в корпусе распределителя вследствие износа возрастают утечки масла. В узле управления золотниками происходит износ отверстия под ось и сферы рычагов, появляются большие утечки масла в месте сопряжения сферического рычага с крышкой. Форму фаски перепускного клапана восстанавливают шлифованием или обточкой в центрах токарного станка с помощью специальной оправки. Гнезда клапанов исправляют на месте подрезанием торцевой зенковкой или удаляют их из корпуса и шлифуют или подрезают резцом на станке торец гнезд а до образования острой кромки.

После ремонта клапан притирают к гнезду. Изношенную обойму и шарики фиксатора заменяют. Изношенные кольца из полиамидной смолы и резиновые уплотнения заменяют новыми. Сопряжения золотник — отверстие в корпусе восстанавливают на специализированных ремонтных предприятиях. Часть сопряжений золотник — отверстие корпуса восстанавливают, перекомплектовывая золотники и совместно притирая их в отверстиях корпуса.

В остальных случаях восстанавливают правильную геометрическую форму отверстия в корпусе доводкой алмазным хонингованием, а золотники подвергают хромированию, оставиванию или химическому никелированию с последующим тонким шлифованием. Затем отверстия в корпусе и золотники сортируют на размерные группы через 0,004 мм и комплектуют. После восстановления все детали промывают и собирают распределитель.

Собранный распределитель устанавливают на испытательный стенд и проверяют работу клапанов и бустера, регулируют предохранительный клапан с помощью регулировочного винта, проверяют четкость фиксации и перемещения золотников, герметичность клапанов, корпуса и т.д. Утечки для отремонтированных распределителей не должны превышать 1 л за 3 мин.

У силового цилиндра (рис. 4) изнашиваются внутренняя поверхность корпуса цилиндра, наружная поверхность штока и поршня, отверстие под шток в верхней крышке, уплотнительные кольца и прокладки. При восстановлении силового цилиндра его растачивают на вертикально-расточном станке на увеличенный размер и затем хонингуют.

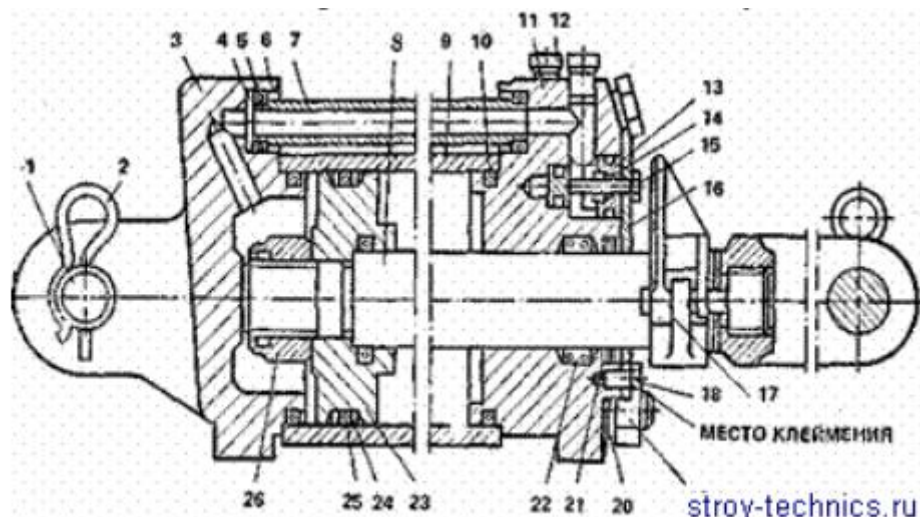


Рисунок 4 – Силовой гидроцилиндр

1 —палец; 2 —шплинт; 3 —задняя крышка цилиндра; 4 —шайба; 5, 10, 22—уплотнительные кольца; 6 —шайба маслопровода; 7 —маслопровод; в — шток в сборе; 9 —корпус цилиндра; 11 —передняя крышка; 12 —пробка; 13—корпус клапана в сборе; 14 —уплотнительное кольцо клапана; 15 — клапан в сборе; 16 —крышка чистиков; 17—упор в сборе; 18 —болт; 19 — гайка; 20—пружинная шайба; 21 —чистики; 23—поршень; 24—уплотнительная прокладка поршня; 25 —уплотнительное кольцо поршня; 26— гайка в сборе

Тема 2.14. Ремонт металлоконструкций

1. Основные повреждения и дефекты металлоконструкций.
2. Устранение трещин.
3. Ремонт заклепочных и болтовых соединений.
- 4 Ремонт вмятин.

Основные повреждения и дефекты металлоконструкций

Устранение трещин

Устранение трещин по основному металлу

Устранять трещины по основному металлу в элементах металлоконструкций из углеродистых и низколегированных сталей необходимо в такой последовательности:

- очистить зону расположения трещины, установить ее начало и конец;

- разметить и накернить разгрузочные отверстия за пределами трещины на расстоянии S (от начала и конца трещины), равном не менее толщины элемента δ плюс $\frac{D}{2}$ (где D - диаметр разгрузочного отверстия равный 4 – 8 мм). Для облегчения разделки трещины целесообразно принимать

$$S = 2 \delta + \frac{D}{2};$$

- просверлить напроход разгрузочные отверстия;
- разделить трещину по 9.3.2.2, плавно закончить разделку в начале и конце за пределами трещины, но не доходя до разгрузочных отверстий. Это необходимо для предотвращения образования кратеров при сварке;
- заварить трещину по 9.3.2.3;
- зачистить шов и околошовную зону, при необходимости рассверлить разгрузочные отверстия сверлом на 1-2 мм большим первоначального диаметра;
- заглушить разгрузочные отверстия во избежание проникновения в них влаги герметиком для металла, эпоксидной композицией и т. п.;
- зачистить плоскости заделанных отверстий.

Разделку трещины следует производить абразивным кругом, вырубкой или специальным инструментом:

- при односторонней заварке - У-образная разделка с углом 50°-60°;
- при двусторонней заварке (толщина элементов более 16 мм) - Х-образная разделка с углом 50°-60° с каждой стороны.

Заварка трещин должна выполняться электродами, обеспечивающими прочностные и пластические свойства не ниже, чем у основного металла (типы электродов следует принимать по [3]). Диаметр электродов при проварке корня шва - не более 3 мм.

Устранение трещин в элементах металлоконструкций из высокопрочных сталей.

Засверловка, разделка и заварка трещин производится со следующими изменениями:

а) разделку трещины следует производить только механической обработкой (режущим или абразивным инструментом);

б) заварку трещины на элементах толщиной более 10 мм следует производить с предварительным подогревом до температуры от 523 К (250 °С) до 573 К (300 °С);

в) заварку следует производить по [5] электродами типа Э55, Э60, диаметром 3 мм для корня шва и 4 мм для основного шва.

Заварка трещины, ограниченной краем детали

При заварке трещины, ограниченной краем детали и одним засверленным разгрузочным отверстием, возбуждать дугу и заканчивать сварку следует на технологической выводной планке, приваренной к кромке детали в месте выхода трещины. Планка удаляется по окончании сварки.

Удалять планку при сварке углеродистых и низколегированных сталей допускается производить газовой резкой, при сварке высокопрочных сталей - только механическим способом. После удаления технологической планки торец шва должен быть зачищен абразивным инструментом до основного металла.

Усиление заваренной трещины

При необходимости заваренная трещина может быть усилена накладкой. Перед установкой накладки (усилительной детали) шов заваренной трещины должен быть зачищен заподлицо для обеспечения плотного прилегания накладки. Зазор между накладкой и основным металлом должен быть не более 0,2 мм (допускается местный зазор не более 0,5 мм).

Накладка должна привариваться продольными швами (вдоль усилия). Приварку накладки по периметру следует производить в том случае, если ее концы по длине имеют скосы под углом 30°- 45°, а притупление концов выполнено радиусом не менее 20 мм.

Накладка, расположенная вдоль ремонтируемого элемента, должна превышать длину трещины не менее чем на пять толщин ремонтируемого элемента с каждой стороны. Ширина накладки должна быть не менее трех ее

толщин с каждой стороны трещины. Толщина накладки должна составлять 0,6-1,0 толщины ремонтируемого элемента. При толщине накладки более 10 мм последняя должна иметь скосы под шов катетом не более 10 мм.

Ремонт вмятин

Ремонт вмятин на плоских элементах металлоконструкций и кольцевых рамах глубиной 1,25-2,5 толщины ремонтируемого элемента должен выполняться с применением вставки - пластины, толщиной равной толщине элемента. Вставка укладывается во вмятину и обваривается. Конфигурация вставки должна соответствовать конфигурации вмятины. Ремонтируемый участок, по возможности, усиливается ребрами жесткости или накладками.

Ремонт вмятин на трубчатых элементах должен производиться при глубине вмятины более $(0,8...1,5) \delta$ соответственно для поясов, раскосов и связей (где δ - толщина стенки трубы).

При глубине вмятины более 2,5 толщины стенки трубчатый элемент подлежит замене.

При ремонте вмятин трубчатых поясов решетчатых металлоконструкций следует применять накладки. Толщина накладки должна быть не более 0,6-1,0 толщины стенки деформированного пояса. Радиус гибки накладки должен соответствовать наружному радиусу трубы пояса. Накладка приваривается продольными швами. Длина накладки должна быть более протяженности вмятины на пять толщин ремонтируемой трубы с каждой стороны, а ширина - более трех толщин с каждой стороны, но не более половины диаметра трубы.

В случае если на стороне трубы, противоположной вмятине, имеются следы деформации, то на ней устанавливается вторая аналогичная накладка.

Накладка при вмятинах на элементах решетчатой конструкции может быть установлена в том случае, если край вмятины находится на расстоянии от центра узла примыкания раскосов (связей) к поясу (или от конца пояса) не ближе 150-300 мм (последняя величина - для металлоконструкций, диаметр

трубчатых элементов которых более 120 мм). При невозможности обеспечения этого требования накладка может быть удлинена за пределы узла на величину не менее размеров, указанных в 9.3.3.3.

При невозможности обеспечения требований 9.3.3.2, 9.3.3.3 и 9.3.3.4 в части установки двух накладок и распространения их за пределы узла, дефектный пояс подлежит замене.

Тема 2.15. Ремонт элементов ПТМ

1. Предельные нормы браковки элементов ПТМ.
2. Ремонт соединительных муфт, крюковых подвесок, барабанов, блоков, ходовых колес, тормозных механизмов.

Предельные нормы браковки элементов ПТМ

Элементы	Дефекты, при наличии которых элемент выбраковывается
Ходовые колеса кранов и тележек	1. Трещины любых размеров 2. Выработка поверхности реборды до 50% первоначальной толщины 3. Выработка поверхности катания, уменьшающая первоначальный диаметр колеса на 2% 4. Разность диаметров колес, связанных между собой кинематически, более 0,5% <*>
Блоки	1. Износ ручья блока более 40% первоначального радиуса ручья
Барабаны	1. Трещины любых размеров 2. Износ ручья барабана по профилю более 2 мм

Крюки	1. Трещины и надрывы на поверхности
	2. Износ зева более 10% первоначальной высоты вертикального сечения крюка
Шкивы	1. Трещины и обломы, выходящие на рабочие и посадочные поверхности
	2. Износ рабочей поверхности обода более 25% первоначальной толщины
Накладки тормозные	1. Трещины и обломы, подходящие к отверстиям под заклепки
	2. Износ тормозной накладки по толщине до появления головок заклепок или более 50% первоначальной толщины

Ремонт соединительных муфт, крюковых подвесок, барабанов, блоков, ходовых колес, тормозных механизмов

Основные неисправности муфт. Допустимый износ деталей муфт и браковка муфт

Детали соединительных упругих втулочно–пальцевых муфт изготавливают по ГОСТ 21424-93. Полумуфты должны изготавливаться из чугуна марки СЧ 20 по ГОСТ 1412. Допускается изготовление полумуфт из других материалов с механическими свойствами не хуже, чем у чугуна марки СЧ 20.

Материал пальцев – сталь с механическими свойствами не хуже, чем у стали марки 45 по ГОСТ 1050. Материал распорных втулок – сталь марки Ст3 по ГОСТ 380.

Дефектацию муфт проводят визуально или путем простукивания соединения. Соединения, имеющие взаимную подвижность, следы смятия, а

также издающие при ударе глухой или дребезжащий звук, подлежат разборке и ремонту. Полумуфты выбраковываются при наличии трещин и изломов, выходящих на рабочие и посадочные поверхности.

При дефектации втулочно–пальцевых муфт обращают внимание на правильность взаимного положения валов (относительное положение полумуфт), отсутствие трещин, неподвижность посадки ступиц на валах и пальцев в полумуфте. Допускается наибольший зазор между упругими втулками пальцев и отверстиями в полумуфтах при диаметре муфт:

до 200 мм – 1 мм на сторону;

более 200 мм – 2 мм на сторону.

Демонтажу и ремонту подлежат полумуфты с ослабленной посадкой на валу, поврежденными посадочными поверхностями под установку пальцев или с трещинами.

Износ резиновых или кожаных колец втулок пальцев проверяют вращением вала двигателя при затянутом тормозе. Величину износа втулок измеряют при вынутых пальцах. Не допускается, чтобы при износе втулок стальные пальцы или их и гайки непосредственно касались тормозной полумуфты.

При нарушении плотности посадки в полумуфте цилиндрические отверстия, имеющие следы износа, разворачивают под ближайший стандартный диаметр. Новые пальцы изготавливают в соответствии с размерами отверстий.

Муфты зубчатые

Муфты зубчатые изготавливают по ГОСТ 5006-94 (Муфты зубчатые. Технические условия). Заготовки втулок, обойм, и фланцев полумуфт следует изготавливать из стали марки 35 ХМ по ГОСТ 4543, сталей марок 40, 45, 50 по ГОСТ 1050; литыми из сталей 40 Л, 45 Л, 50 Л по ГОСТ 977 с термообработкой до твердости зубьев до 42...51 НРС.

Допускается применять заготовки из сталей марок 40 X, 45 X, 50 X, 45 Г2, 40 ХФА и других сталей, обеспечивающих после термообработки твердость поверхности зубьев 46...58 HRC.

В процессе эксплуатации перекося осей каждой втулки относительно оси обоймы не должен превышать $1^{\circ} 30'$.

Предельным состоянием муфт считают:

при износе зубьев втулок или обоймы на делительном диаметре равным модулю зацепления;

при поломке более 10 % зубьев обоймы или втулки, или более двух рядом расположенных зубьев.

При монтаже муфты с валом сопрягаемые поверхности следует смазывать смазкой ЦИАТИМ – 203.

В муфту следует заливать масло в объеме, указанном в паспорте. Во время работы муфты масло должно покрывать полную высоту зубьев.

Вид масла в зависимости от температурного режима следует выбирать по таблице.

Диапазон температур, °С	Масло		Примерные сроки замены масла
	основное	заменяющее	
От (-40) до 20	ТС-10-ОТП по ГОСТ 23652	-	
От 20 до 80	ИТП – 300, ИГП 38 по ГОСТ 26191	И – 50А по ГОСТ 20799 с присадкой ДФ-11 (3-5%), при температуре выше 50°С допускается при-менение смазки	В новых муфтах первая замена масла производится через 100-150ч работы, последующие замены масла -

		УНИОЛ-2 по ГОСТ 23510	через 2000 – 2500 ч работы
От 80 до 120	ИПП – 20 по ГОСТ 26191	ИТП – 300 по ГОСТ 26191	

Кулачковые муфты

Восстановление кулачковых муфт допускается зачисткой (опиловкой) кулачков при их износе, не превышающем 10 % от первоначальной толщины. При износе кулачков более 10 %, но не более 30 % от первоначальной толщины разрешается выполнять их наплавку.

При износе кулачков более 30 % их восстановление не допускается и требуется замена муфты.

Ремонт ходовых колес

Прежде чем приступить к ремонту ходовых колёс, необходимо выявить причины износа и устранить их. Наиболее частыми причинами износа поверхности качения ходового колеса является буксование в период пуска или скольжение при торможении (юз). Буксование колёс устраняется снижением пускового момента двигателя, а скольжение – снижением тормозного момента тормоза при его регулировке. Диаметры приводных колёс должны быть одинаковыми, иначе происходит забегание одной стороны крана и перекос моста. При забегании моста возникают значительные силы трения между ребордами колёс и рельсами крана, что приводит к преждевременному износу и даже может вызвать сход крана с рельс. Выработка реборд ходовых колёс объясняется неточностью укладки кранового пути наличием поперечного уклона и больших отклонений ширины колеи от номинальных размеров, а также непараллельностью осей колёс.

Изношенные реборды и поверхность катания наплавляют. Ходовые колёса с трещинами заменяют новыми, заваривать разрешается лишь несквозные трещины. По необходимости производится замена подшипников. Осуществляется замена смазочного материала с периодичностью, регламентируемой эксплуатационной документацией.

Ремонт барабанов, блоков, тормозов

В барабанах изнашиваются главным образом ручьи или поверхности (при гладких барабанах) наматывания каната. В блоках также разрабатываются ручьи. В большинстве случаев толщина стенок барабанов и блоков позволяет восстановить нормальный профиль ручьев и устранить местные выработки проточкой барабанов и блоков на станке.

Если на барабанах имеются несквозные трещины, то их ремонтируют заваркой, а барабаны со сквозными трещинами заменяют новыми. Блоки, имеющие трещины, также заменяют новыми.

В процессе работы на поверхности тормозных и фрикционных шкивов появляются выработки и задиры; могут появиться также и трещины. Если на наружных поверхностях трения тормозных и фрикционных шкивов выработка или задиры являются местными и глубина их не превышает 0,5 мм, то при ремонтах их только зачищают. При выработке более 0,5 мм поверхности протачивают. Толщина обода после проточки при выходе из капитального ремонта должна быть не менее $\frac{4}{5}$ чертежного размера. При большей выработке стальные шкивы наплавляют и обтачивают по размерам чертежа, чугунные шкивы и барабаны заменяют новыми.

Несквозные трещины в шкивах и барабанах заваривают. Для заварки трещины разделяют на 1—2 мм ниже их основания. Трещины в стальных шкивах и барабанах заваривают электросваркой, а в чугунных — газовой сваркой. Сквозные трещины в ободе и ступице заваривать не разрешается.

При ослаблении посадки в ступицах шкивы снимают с валов. Если в ступицах поставлены втулки, то последние заменяют новыми. Отверстия в ступицах стальных шкивов можно исправлять электрической или газовой наплавкой с последующей расточкой под соответствующий размер. Канавки для шпонок исправляют. Смятые шпонки заменяют новыми.

Тема 2.16. Ремонт рабочего оборудования

1. Основные дефекты рабочего оборудования (стрел кранов и экскаваторов, рукоятей экскаваторов, отвалов бульдозеров и грейдеров, ковшей экскаваторов и скреперов).
2. Способы устранения дефектов ковшей и отвалов.
3. Восстановление дробящих плит, конусов и бандажей камнедробильных машин.

Основные дефекты рабочего оборудования (стрел кранов и экскаваторов, рукоятей экскаваторов, отвалов бульдозеров и грейдеров, ковшей экскаваторов и скреперов)

Основные дефекты рабочего оборудования (стрел кранов и экскаваторов, рукоятей экскаваторов, отвалов бульдозеров и грейдеров, ковшей экскаваторов

и скреперов и т. п.) — деформация, поломки, трещины, изнашивание и изгиб ножей отвалов, изнашивание зубьев режущей полукруглой кромки, проушин, днища, запорного устройства и передних стенок ковшей экскаваторов, разрывов швов боковых и передних стенок отвалов бульдозеров, отрыв опоры толкающего бруса отвала. Деформированные элементы стрел, рукоятей, отвалов ремонтируют в основном правкой. Погнутые элементы решетчатой стрелы выправляют без их отделения винтовыми домкратами. В зависимости от поперечного сечения элемента и изгиба править можно без подогрева или с местным подогревом газовой горелкой до температуры 600 °С (темно-красное каление). Если таким способом выправить стрелу не удастся, ее разрезают на отдельные элементы (листы, уголки, связи), правят, а затем сваривают.

Способы устранения дефектов ковшей и отвалов

Ковши экскаваторов изготавливают из сталей 09Г2С, 10ХСНД. Западные фирмы изготавливают из износостойких сталей Hardox 400/450 с твердостью от 40НВW (по Бринеллю), Weldox.

Для работы со сталью Hardox подходят все классические методы сварки, можно производить сварочные работы хоть в карьере, хоть в цеху.

Износостойкие стали Hardox (как и Weldox) отличаются низким содержанием легирующих элементов и низким углеродным эквивалентом, что позволяет легко приваривать листы или детали из них ко всем конструкционным листам с помощью классических методов дуговой сварки.

Дефекты ковша (рисунок 1 и 2): износ заостренного ножа спереди, износ днища, зубьев/коронок, боковых стенок.

Активнее всего изнашиваются следующие части ковшей:

- днище;
- боковые плоскости;
- ножи;
- зубья и межзубьевое пространство.



Рисунок 1 – Ковш экскаватора до ремонта (вид спереди)



Рисунок 2 – Ковш экскаватора до ремонта (вид сбоку)

При ремонте ковшей выполняются следующие работы:

- замена днища и других изношенных или утративших свои рабочие свойства элементов конструкции ковшей;
- восстановление деформированных фрагментов;
- заварка трещин.

При ремонте ковшей заменяют режущие кромки, футеровочные пластины, запяtnики, проушины, адаптеры, коронки и т.д. (рисунки 3 и 4).



Рисунок 3 – Ковш экскаватора после ремонта



Рисунок 4 – Замена днища ковша при ремонте

В отдельных случаях ковш целесообразно усиливать специальными усиливающими накладками из износостойких сталей типа Hardox (рисунок 5). Такое усовершенствование, в частности, рекомендуется в тех случаях, когда данный рабочий орган экскаватора предназначается для работ с грунтами третьей и четвертой категории, то есть с суглинистыми почвами, в которых преобладают включения в виде щебня, с крупным гравием, с корнями, с тяжелыми глинами.



Рисунок 5 –Ковш при ремонте усилен специальными усиливающими накладками из износостойкой стали

Возможные неисправности отвала бульдозера

Неисправность, внешнее проявление и причина	Способ устранения
Отвал бульдозера плохо внедряется в грунт	
1. Износ рабочей кромки ножей*	Переустановить (заменить) ножи в соответствии с рис. 12
2. Угол резания отвала не соответствует категории грунта	Установить необходимый угол резания отвала
Орудие не поднимается или поднимается очень медленно	
Вышло из строя уплотнение поршня гидроцилиндра	Заменить уплотнение
Течь рабочей жидкости из-под уплотнений штока гидроцилиндра рыхлителя или гидроцилиндра перекоса отвала	
Износ уплотнений штока	Разобрать гидроцилиндр и заменить уплотнения
Отвал перемещается рывками	
В гидросистему попал воздух	Удалить воздух из гидросистемы неоднократным подъемом и опусканием отвала

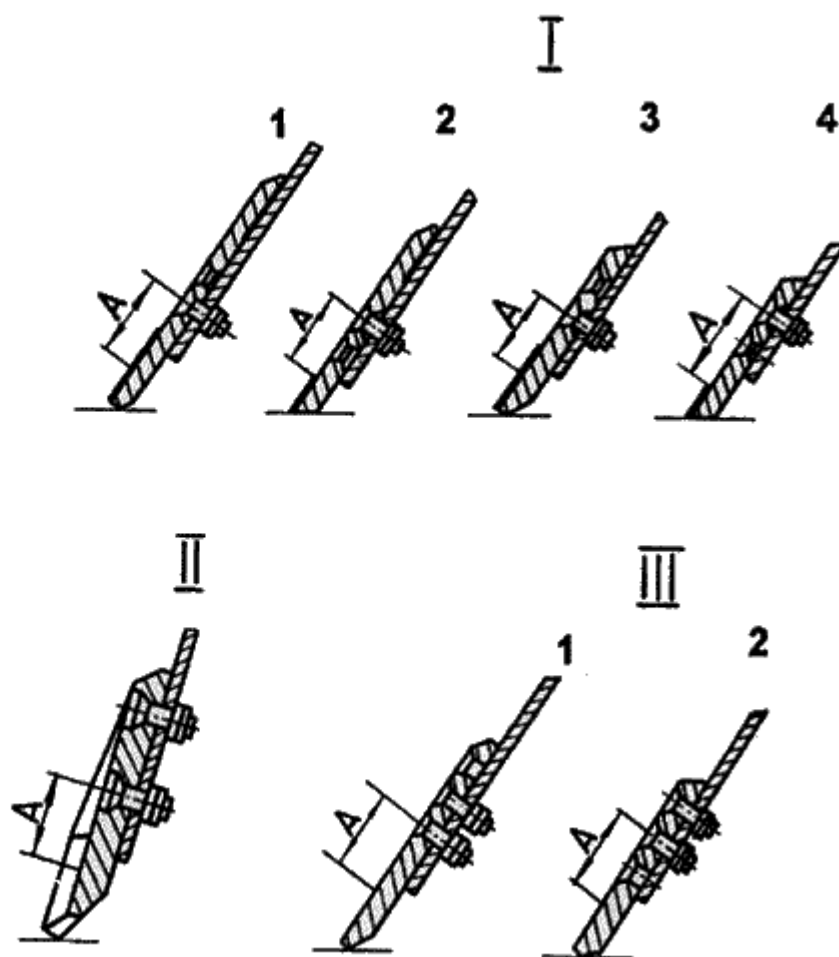


Рисунок 6 – Перестановка и замена ножей

I-нож средний; II-нож боковой (модели Е и В); III-нож боковой (модели Д); 1, 2, 3, 4-последовательность операций перестановки ножей; А=65 мм – размер до линии износа

Ножи бульдозеров и автогрейдеров наплавляют с двух противоположных сторон (рис. 7, а). Подлежащие устранению дефекты на ноже отмечают краской, укладывают его на приспособление для правки, подводят под пресс и правят. После правки ножи длиной 2,5... 3,5 м не должны иметь погнутостей и вмятин. Отклонение от плоскости поверхности не должно превышать 3 мм на 1 м длины ножа.

Во избежание коробления длинных ножей их прижимают струбцинами к столу наплавочной установки (рис. 7, б). При расширении металла ножа его концы должны иметь возможность скользить под струбциной.

Наплавку первого валика начинают на расстоянии $3/5$ длины ножа от торца и далее проводят по схеме (рис. 7, в), второй валик на противоположной стороне наплавляют на всю длину ножа, а третий — на оставшиеся длины ножа.

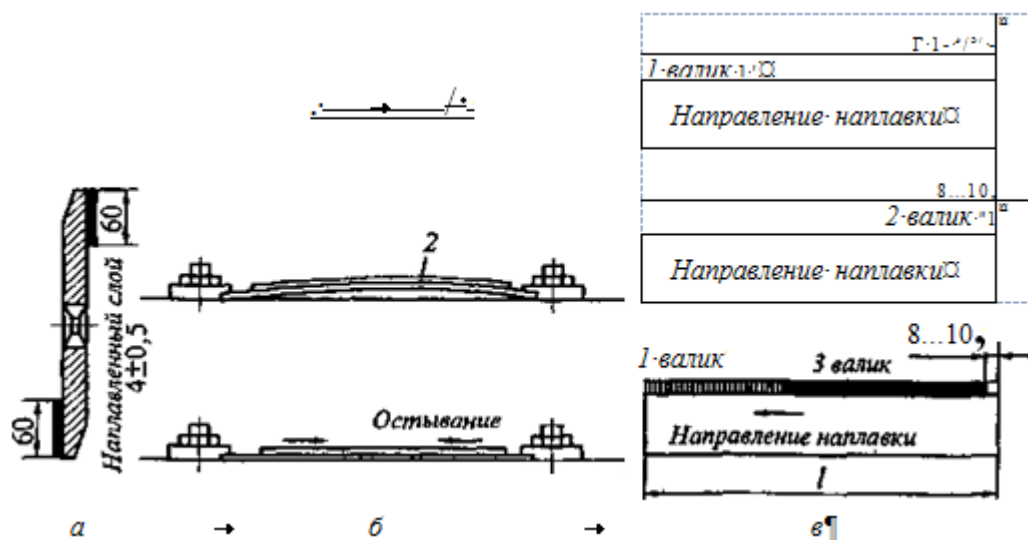


Рисунок 7 - Схемы наплавки ножей бульдозеров и автогрейдеров:
1 — стол; 2 — наплавка

Восстановление дробящих плит, конусов и бандажей камнедробильных машин

Изношенные дробящие плиты, конуса и бандажи камнедробильных машин восстанавливают наплавкой трубчатыми электродами, наполненными сталинитом, с ферромарганцевой обмазкой или стержневыми электродами Т-620, Т-590.

Для предотвращения коробления восстанавливаемых деталей необходимо быстро охлаждать зоны наплавки, наплавлять детали короткими участками длиной не более 75 мм, слоем не более 6 мм за проход. При восстановлении плит дробилок сталинитом нижние слои наплавляют обычными металлическими электродами, затем накладывают комбинированные слои при расплавлении сталинита металлическим электродом.

Тема 2.17. Перспективные методы восстановления и ремонта деталей СДМ и ПТМ

1. Применение нанотехнологий при восстановлении трущихся поверхностей деталей.
2. Повышение долговечности работы пар трения скольжения при лазерной наплавке порошковых материалов.
3. Восстановление деталей СДМ с использованием синтетических материалов.

Применение нанотехнологий при восстановлении трущихся поверхностей деталей

Нанотехнология - совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба.

Наноматериалы - материалы, содержащие структурные элементы, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и обладающие качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками;

чтобы повысить срок работы изделия и ускорить его восстановление, целесообразнее применять продукты бурно развивающегося направления в прикладной и фундаментальной науке – нанотехнологии, наносистемы и наноматериалы.

Существует несколько технологий по нанесению защитного покрытия в узлах трения подшипников скольжения. Большинство ведущих мировых производителей пришли к применению вакуумно-дугового способа по нанесению нанопокровов. Верхняя оболочка сформирована высокоионизированным плазменным покрытием (образуется за счет мощного электрического разряда на катоде из металла).

Опытно-производственная лаборатория при НПФ «Элан-Практик», расположенная в городе Дзержинск Российской Федерации, внедряет технологии и установки по магнетронному нанесению нанопокровов в специальной среде (высокоионизированная замагниченная плазма). Это помогает создать трибологическое покрытие для подшипников, которые используются в условиях малого количества смазки и высоких температур. Нанесение покрытия происходит в вакуумной среде с применением автоматизированных установок, с помощью которых обеспечивается стабильный повтор высоких характеристик наносимого покрытия. Формирование ионизированной плазмы происходит за счет постоянной атаки ионов аргона металлической мишени. Покрытие на изделии строится на атомарном уровне, исключает появление микроскопических капель. Благодаря данной технологии получают мультифункциональное многофазное нанокompозитное покрытие, которое защищает и укрепляет поверхность изделия, исключает коррозию и значительно снижает трение.

Детонационный метод нанесения нанопорошков разработали в Институте машиноведения им. А.А. Благодравова РАН, с помощью которой повышается эксплуатационный ресурс центробежных насосов и подшипников скольжения. Покрытие напыляется специальной пушкой АДУ «Обь». Используется напыляющийся порошок в виде гранул, размер которых не превышает 60 мкм. Процесс напыления позволяет получить наноструктурированное покрытие, в

котором содержится 62 процента монокарбида. Покрытие снижает коэффициент трения, обеспечивает работу под высокой нагрузкой без заедания, чего не удавалось достичь при традиционном нанесении покрытия из керамического порошка.

Применяется также композиционное наноалмазное покрытие, которое наносится при помощи электролитов. Эта технология позволяет добиться покрытия, которое имеет высокую теплопроводность, повышенную износостойкость и низкий коэффициент трения. Наносить наноалмазное покрытие возможно на любую инструментальную, углеродистую, штамповую, конструкционную сталь, алюминий и чугун. Эффективное использование наноалмазного покрытия практикуется в узлах и деталях, которые подвергаются интенсивным нагрузкам и износам (подшипники, штоки).

Перспективно направление по восстановлению поверхностей подшипников с помощью нанесения гальванокомпозиционного покрытия. Керамические нанопорошки добавляются в электролиты. Улучшенная структура композиционных электроосаждаемых материалов позволяет добиться повышенной твердости, высокого сопротивления изнашиваемых частей и защиты от коррозии. Композиционные материалы с элементами наноконструкций имеют микротвердость, которая выше до 1,9 раз, чем твердость металлического изделия. Значительное повышение твердости достигается за счет увеличения плотности при включении наночастиц в структуру трущихся поверхностей деталей.

Повышение долговечности работы пар трения скольжения при лазерной наплавке порошковых материалов

Высоконагруженные детали и узлы механизмов приобретают дополнительные функциональные возможности при модификации поверхностных слоев их рабочих поверхностей концентрированными потоками энергии. Такие слои обладают существенными преимуществами по сравнению со слоями, полученными традиционными методами поверхностного упрочнения, напыления и наплавки. Методы лазерной модификации поверхности постоянно развиваются и прогрессируют параллельно с развитием новых видов лазерных источников.

Такие детали, как валы электрических машин, коленчатые валы выходят из эксплуатации по причине износа посадочных поверхностей. Технологии восстановления рабочих поверхностей позволяют продлить работоспособность машин. К таким технологиям относится восстановление рабочих размеров деталей лазерной порошковой наплавкой.

Лазерная наплавка применяется в случае, когда зона термического влияния должна быть локальной и минимальной. С помощью наплавки лазером в зависимости от эксплуатационных требований можно наносить на поверхность покрытия, в состав которых входят износостойкие, коррозионно-стойкие и

другие компоненты. Это позволяет удовлетворять всё возрастающие требования современного потребителя изделий машиностроения. При эксплуатации изделий в сложных условиях, в том числе и при работе в динамическом нагружении, остро встает вопрос придания им высокой износостойкости и прочности.

В процессе лазерной наплавки с коаксиальной подачей порошка транспортирующий газ формирует струю наплавляемого присадочного материала, который переплавляется под воздействием мощного лазерного излучения. На поверхности подложки возникает ванна расплава, которая после затвердевания формирует единичный наплавленный валик. Плотное покрытие большой площади получают путем наложения единичных валиков с перекрытием 30–50% от диаметра лазерного луча.

Механическая обработка и полирование наплавленного слоя существенно повышают усталостные характеристики наплавленных деталей.

Технология лазерной наплавки повышает износостойкость пары трения в 2,4 раза. Поэтому она может быть использована в задачах восстановления посадочных поверхностей валов электрических машин, шеек коленчатых валов и других подобных деталей.

Восстановление деталей СДМ с использованием синтетических материалов

Ремонт деталей и узлов синтетическими материалами находит все более широкое применение в ремонтном производстве. В качестве синтетических материалов используются составы на основе эпоксидной смолы, различные пластмассы и клеи. Нанесение синтетических материалов на поверхность изношенных или поврежденных деталей в основном осуществляется двумя способами: покрытие из раствора кистью и покрытие литьем под давлением. Нанесение покрытий из раствора кистью используют для восстановления изношенных или поврежденных поверхностей крупногабаритных, а также сложных по конфигурации деталей. Склеивать можно различные материалы, соединять которые другими способами затруднительно или даже невозможно. При этом не меняется структура материалов и их физические свойства, так как отсутствует тепловое воздействие. Клеи должны выдерживать вибрации и значительные температуры, быть водо-и маслостойкими и затвердевать достаточно быстро. Клеи нужны для заделывания трещин и проломов, соединения деталей, защиты и выравнивания поверхностей, восстановления изношенных мест, изготовления и закрепления деталей и уплотнения соединений.

Ремонт деталей с применением капрона

В ремонтной практике наибольшее распространение получил капрон марок А и В. Это твердый материал белого цвета с желтым оттенком, имеющий высокую

прочность, износостойкость, масло - и бензостойкость, а также хорошие антифрикционные свойства. Поставляется он в виде гранул размером 7...8 мм. Основными недостатками капрона являются низкая теплопроводность, теплостойкость и усталостная прочность. Максимально допустимая рабочая температура капроновых покрытий составляет от минус тридцати до плюс восьмидесяти градусов Цельсия. Покрытием из капрона ремонтируют поверхности втулок валов, вкладышей и других деталей. Ремонт изношенных поверхностей деталей с применением капрона в большинстве случаев производят литьем под давлением на специальных литьевых машинах.

Капрон (в виде порошка размером 0,2...0,3 мм) можно наносить на поверхность детали напылением. Сущность этого способа состоит в том, что на подготовленную и подогретую поверхность детали наносится порошкообразный капрон. Ударяясь о разогретую деталь, частицы порошкообразного капрона плавятся, образуя пластмассовое покрытие.

Ремонт деталей с применением капрона литьем под давлением

На специально подготовленную изношенную поверхность детали наносят под давлением слой капрона. Деталь устанавливают в прессформу и в образовавшийся зазор между деталью и стенкой пресс-формы нагнетают под давлением расплавленный капрон (рис. 1). Затем пресс-форму раскрывают, снимают деталь, удаляют с нее литники и облой. При необходимости капроновое покрытие механически обрабатывают до получения требуемых размеров. Для улучшения качества готовую деталь термически обрабатывают в ванне с маслом при температуре 185...190 °С и выдерживают при этой температуре в течение 10...15 мин. При нанесении капрона его нагревают до 240...250 °С и подают под давлением 4...5 МПа (40...50 кгс/см²). Пресс-форму совместно с деталью предварительно подогревают до температуры 80...100 °С. Толщина покрытия рекомендуется от 0,5 до 5 мм. Литье под давлением проводится на термопластавтоматах ДБ-3329, литьевых машинах ПЛ-71 и др. Этот способ технологически прост, не требует сложного оборудования и оснастки.

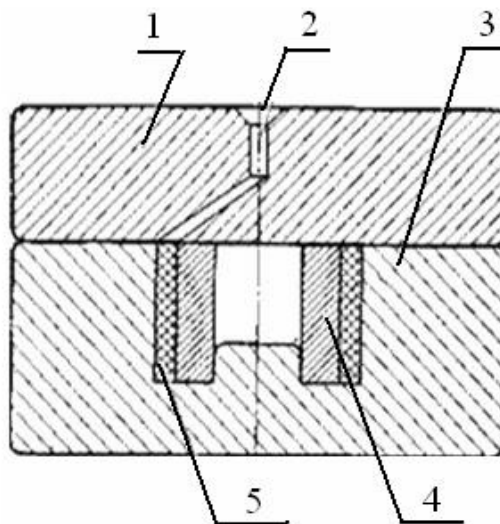


Рисунок 1 - Схема нанесения капрона на изношенную поверхность детали
литьем под давлением:

1 – верхняя часть пресс-формы; 2 – литниковый канал; 3 – нижняя часть пресс-формы; 4 – ремонтируемая деталь; 5 – слой капрона

Тема 2.18. Проектирование технологических процессов восстановления (ремонта) деталей машин

1. Разработка ремонтного чертежа на восстановление деталей и сборочных единиц.
2. Выбор маршрута восстановления (ремонта) деталей, оборудования, приспособления и инструмента.
3. Определение режимов обработки и норм времени. Правила оформления технологических процессов ремонта. Оценка экономической эффективности ремонта.

Разработка ремонтного чертежа на восстановление деталей и сборочных единиц

Ремонтный чертеж выполняют в соответствии с требованиями ЕСКД и ГОСТ 2.604-2000 «Чертежи ремонтные».

Исходные данные для разработки ремонтного чертежа:

- рабочий чертеж детали;
- технические требования на новую деталь;
- технические требования на дефектацию детали;
- технические требования на восстановленную деталь.

Основные требования при выполнении ремонтных чертежей следующие:

- - места, подлежащие восстановлению, выделяют сплошной основной линией толщиной $(2...3) s$, остальную часть изображения – сплошной линией толщиной s .

Обозначение ремонтного чертежа получают, добавляя к обозначению детали букву Р (ремонтный);

- - на чертежах деталей, восстанавливаемых сваркой, наплавкой, нанесением металлопокрытий, резьбовыми вставками и т.п., рекомендуют выполнять эскиз подготовки соответствующего участка детали к восстановлению;
- - при применении наплавки, пайки и т.п. на ремонтном чертеже указывают наименование, марку материала, используемого при восстановлении, а также номер стандарта на этот материал.

Ремонтный чертеж включает:

1. Чертеж детали с указанием дефектов и размерно-точных параметров восстанавливаемых поверхностей.
2. Наименования дефектов и коэффициенты их повторяемости.
3. Технические требования на восстановление детали.
4. Схемы базирования детали при восстановлении и механической обработке.
5. Основной и дополнительный способы устранения дефектов.
6. Технологический маршрут восстановления.

Выбор маршрута восстановления (ремонта) деталей, оборудования, приспособления и инструмента

Проведение ремонта машин или их сборочных единиц предполагает периодическую замену отдельных деталей за счет новых запасных частей или путем восстановления деталей, бывших в эксплуатации.

Практика показывает, что при изготовлении новых деталей к тракторам, автомобилям, СДМ расходы на материал составляют в среднем 70...75 % их полной себестоимости. При восстановлении деталей большинством известных способов расходы на ремонтные материалы не превышают 6...8 % себестоимости восстановления. Общие затраты на восстановление деталей нередко составляют не более 30...50 % цены новой детали при ресурсе восстановленной детали, близком к ресурсу новой детали.

Исследования выбракованных машин показывают, что число деталей, пригодных для эксплуатации без их ремонта, составляет в этих машинах около 45 %, подлежащих восстановлению – до 50 % и лишь 5...9 % изношенных деталей не подлежат восстановлению.

Таким образом, восстановление изношенных деталей может обеспечить значительный экономический эффект в процессе использования машин.

Изношенные поверхности деталей могут быть восстановлены, как правило, несколькими способами. Для обеспечения наилучших экономических показателей в каждом конкретном случае в зависимости от конструктивных особенностей детали, масштабов производства необходимо выбрать из числа возможных наиболее рациональный способ, который обеспечивал бы наилучшие технико-экономические показатели.

Проектирование технологического процесса восстановления детали связано с решением следующих задач: определение коэффициентов повторяемости дефектов детали; выбор оптимального способа восстановления каждой изношенной поверхности детали; выбор оптимального сочетания способов восстановления детали в целом, т.е. по всему сочетанию дефектов; разработка технологических маршрутов восстановления детали применительно к специализированному производству; определение экономической целесообразности восстановления детали с тем или иным сочетанием дефектов, исходя из запланированного уровня рентабельности производства и коэффициента долговечности восстановленной детали.

В зависимости от масштаба производства (единичное, мелкосерийное, серийное, массовое) восстановление деталей может быть организовано по подефектной или маршрутной технологиям.

Подефектная технология характеризуется тем, что изношенные детали формируют в небольшие партии для устранения каждого отдельного дефекта. После устранения дефекта эта партия распадается. Такая форма организации имеет ряд существенных недостатков, и ее применяют только на предприятиях с небольшими объемами восстановления.

Маршрутная технология характеризуется тем, что партия деталей, скомплектованная для определенного технологического маршрута, не распадается в процессе ее восстановления, а сохраняется от начала и до конца маршрута.

В общем случае число технологических маршрутов восстановления может изменяться от одного, когда все изношенные детали с любым сочетанием дефектов объединяют в единый маршрут, до числа сочетаний дефектов, когда детали с каждым отдельным сочетанием дефектов формируют в отдельный маршрут.

Изменение числа технологических маршрутов восстановления в значительной мере влияет на эффективность производства.

Увеличение числа маршрутов требует увеличения площадей для хранения деталей, ожидающих ремонта, так как одновременно будет формироваться столько партий деталей, сколько принято технологических маршрутов, а также увеличения затрат, связанных с усложнением организации и управления производством.

Уменьшение числа маршрутов, наоборот, сокращает время на комплектование производственной партии деталей, а, следовательно, снижает потребности в производственных площадях, но в этом случае в каждый технологический маршрут объединяют детали с различными сочетаниями дефектов, а это значит, что в маршрут включаются детали как бы с «несуществующими» дефектами.

Правила оформления технологических процессов ремонта

Технологическая документация на восстановление детали включает:

- - ремонтный чертеж детали (РЧ);
- - маршрутную карту восстановления детали (МК);
- - операционные карты восстановления детали (ОК);
- - карты эскизов (КЭ) к операционным картам.

Ремонтные чертежи выполняют в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД с учетом правил, предусмотренных ГОСТ 2.604 «Чертежи ремонтные».

В маршрутной карте указывают:

1. Названия всех операций по очередности их выполнения (очистная, дефектовочная, наплавочная и т.д.); операции нумеруют цифрами, кратными 5 (005, 010, 015 и т.д.);
2. Оборудование для выполнения каждой операции.
3. Наименование и характеристику материала, используемого для выполнения каждой операции.
4. Штучное время на выполнение каждой операции.

При установлении последовательности выполнения операций необходимо исходить из следующих положений:

- - тепловые операции (кузнечные, сварочные, наплавочные и т. д.) выполняют в первую очередь, так как при этом вследствие остаточных внутренних напряжений возникает деформация деталей;

- - операции, при выполнении которых снимают металл большой толщины, также

выполняют в числе первых, так как при этом выявляются возможные внутренние дефекты;

- - если при восстановлении детали применяют термическую обработку, то операции

выполняют в такой последовательности: черновая механическая, термическая, чистовая

механическая;

- - совмещать черновые и чистовые операции не рекомендуется, так как они выполняются с различной точностью;

- - в последнюю очередь выполняют чистовые операции.

Если у детали изношены установочные базы, то их восстанавливают в первую очередь.

Операционные карты предназначены для описания технологических операций с указанием переходов, режимов обработки, данных о средствах технологического оснащения, норм штучного времени выполнения операции и переходов.

В операционных картах после наименования операции (перехода) указывают технические требования, относящиеся к выполняемой операции

(переходу). Номера переходов в операционных картах обозначают арабскими цифрами в технологической последовательности.

Записывают переходы кратко с указанием метода обработки, выраженной глаголом в повелительном наклонении или в форме прилагательного по названию оборудования и поверхности.

Карты эскизов выполняют для каждой операции. В них отражают следующую информацию: эскиз детали, схему базирования при выполнении данной операции, размеры поверхности или другие характеристики, получаемые при выполнении данной операции.

Оценка экономической эффективности ремонта

Ремонт машин выступает как средство ускорения темпов роста общественного производства и, как следствие, как средство более полного удовлетворения общественных потребностей при одинаковых ресурсных возможностях. Из представленного выше материала ясно, что, во-первых, при проведении КР требуется существенно меньше количества металла из-за возможности повторного использования деталей и, следовательно, меньше затрачивается электроэнергии и др. производственных ресурсов. Во-вторых, ремонтное производство в различных отраслях имеет различный уровень и с течением времени изменяется, что показывает на изменение эффективности ремонта. Благодаря количественной оценке, можно выявить наиболее прогрессивные решения для последующего широкого их распространения, что обеспечивает возможность большей экономии общественного труда.

Для выбора оптимального технологического способа ремонта проводится анализ возможных вариантов с целью выявления их относительных достоинств и недостатков. Целесообразность разработки новой технологии, выбора оборудования, организации производства устанавливается на основе комплексного анализа эффективности, который включает в себя анализ технической, организационной, социальной и экономической целесообразности применения каждого варианта.

Анализ технической целесообразности ремонта заключается в выявлении возможностей восстановления деталей в полном соответствии с техническими условиями на ремонт. При этом в обязательном порядке должны быть обеспечены требуемые точность геометрических параметров, твердость материала и прочие показатели, характеризующие физико-механические свойства. Кроме того, оценивается надежность, долговечность деталей и сборочных единиц, восстановленных с использованием различных вариантов технологических процессов.

Анализ организационной целесообразности ремонта предполагает выявление возможности восстановления деталей требуемого уровня качества, заданного количества в установленные сроки при существующей организационной структуре предприятия и его производственных участков. При

сравнительной оценке определяются преимущества и недостатки сопоставляемых вариантов по длительности подготовки производства и производственного цикла, ритмичности производства и т.д.

Анализ социальной целесообразности ремонта характеризуется комплексом таких показателей, как уровень механизации, автоматизации производства, квалификация работников, уровень их образования, энерговооруженность труда и степень охраны труда.

Комплексный анализ завершается сравнительным *экономическим анализом эффективности вариантов технологических процессов* и позволяет установить величину экономического эффекта, который обеспечивается при применении того или иного варианта по сравнению с базовым. Базовым называется вариант, с которым проводят сравнение. В качестве базового принимают тот вариант, который является лучшим из внедренных ранее, т.е. вариант, обеспечивающий наименьшие совокупные затраты при соблюдении принципа обеспечения полного соответствия отремонтированных деталей требованиям проектной, технической и технологической документации. При сравнении вариантов необходимо обеспечивать тождество по объему, качеству и времени производства восстановительных работ. При прочих равных условиях решающим фактором является величина экономического эффекта.

В качестве критериев оценки экономической эффективности вариантов технологических процессов ремонта деталей выбирается минимум затрат на изготовление, ремонт и последующую эксплуатацию всей совокупности деталей, используемых на данном предприятии, т.е. должно соблюдаться следующее условие:

$$\sum_{j=1}^n Q_j \cdot q_{pj} \cdot S_{pj} + q_{uj} \cdot S_{uj} \rightarrow \min,$$

где Q_j – годовая потребность в деталях i -го наименования;

n – количество наименований деталей машины, которые подвергаются ремонту;

q_{pj} – доля годовой потребности в деталях j -го наименования, которая удовлетворяется за счет ремонта;

S_{pj} – затраты на ремонт и эксплуатацию отремонтированных деталей j -го наименования; q_{uj} – доля годовой потребности в деталях j -го наименования, которая удовлетворяется за счет изготовления;

S_{uj} – затраты на изготовление (запасных частей) и эксплуатацию деталей j -го наименования.

Обобщающий показатель экономической эффективности ремонта рассчитывается исходя из условия:

$$\Delta_i = S_1 - S_i \cdot q_i,$$

где S_1 и S_i – приведенные затраты на ремонт одной детали при применении соответственно базовой и новой технологии восстановления; q_i – годовой объем

восстановления деталей по новой технологии в расчетном году в натуральных единицах.

Приведенные затраты представляют собой сумму себестоимости и нормативной прибыли, т.е.

$$S = C + E_H \cdot K,$$

где C – себестоимость ремонта одной детали;

K – удельные капитальные вложения в производственные фонды;

E_H – нормативный показатель эффективности капитальных вложений.

Условие эффективности ремонта. $\Delta_i > 0$ – новый технологический процесс эффективнее базового. В тех случаях, когда новая технология требует увеличения капитальных вложений, а экономичность обеспечивается за счет снижения себестоимости ремонта детали, выбор наиболее целесообразного с экономической точки зрения варианта осуществляется исходя из следующего условия:

$$E_H < E_{pi},$$

где E_{pi} – расчетный показатель экономической эффективности дополнительных капитальных вложений, определяемый по формуле:

$$E_{pi} = \frac{C_1 - C_i}{K_i - K_1}.$$

Для сравниваемых вариантов широко используется показатель срока окупаемости дополнительных капитальных вложений, который представляет собой величину, обратную величине показателя эффективности дополнительных капитальных вложений:

$$\tau_{pi} = \frac{1}{E_{pi}}; \quad \tau_H = \frac{1}{E_H},$$

где τ_{pi} – расчетная величина срока окупаемости дополнительных капитальных вложений; E_H – нормативный срок окупаемости дополнительных капитальных вложений.

Условие эффективности по окупаемости: $\tau_{pi} < \tau_H$.

В расчете сравнительной экономической эффективности от внедрения в производство новых технологических процессов решающее значение имеют: фактор времени, различие вариантов по часовой производительности и качеству восстановления деталей.

Тема 2.19. Система менеджмента качества

1. Основные исторические этапы развития системы качества.
2. Требования к системам менеджмента качества, установленных в СТБ ISO 9001 версии 2015 года.
3. Содержание и принципы системы менеджмента качества. Концепция и политика качества.
4. Аттестация производства и организация контроля качества.
5. Количественная оценка качества. Методы количественной оценки качества. Диаграмма Парето. Диаграмма Ишикавы.

Основные исторические этапы развития системы качества

В истории развития документированных систем качества, мотивации, обучения и партнерских отношений можно выделить пять этапов и представить их в виде пяти звезд качества (рис. 1).

Система Тейлора

Первый этап — **система Тейлора (1905)**. Она устанавливала требования к качеству изделий (деталей) в виде полей допусков или определенных шаблонов, настроенных на верхнюю и нижнюю границы допусков, — проходные и непроходные калибры. Для обеспечения успешного функционирования системы Тейлора были введены первые профессионалы в области качества — инспектора.



Рис.1 - 1-й этап качество продукции как соответствие стандартам

Система мотивации предусматривала штрафы за дефекты и брак, а также увольнение.

Система обучения сводилась к профессиональной подготовке и обучению работать с измерительным и контрольным оборудованием.

Взаимоотношения с поставщиками и потребителями строились на основе требований, установленных в технических условиях, выполнение которых проверялось при приемочном контроле (входном и выходном).

Все отмеченные особенности системы Тейлора делали ее системой управления качеством каждого отдельно взятого изделия.



Рис. 2 - 2-й этап качество продукции как соответствие стандартам и стабильности процессов

Мотивация труда заключалась в материальном стимулировании с учетом того, как точно настроен процесс, как анализируются те или иные контрольные карты, карты регулирования и контроля.

К профессиональному обучению добавилось обучение статистическим методам анализа, регулирования и контроля.

В отношениях «поставщик — потребитель» большую роль стали играть стандартные таблицы на статистический приемочный контроль. Большой вклад в разработку этой системы внесли Э. Деминг, В. Шухарт.

Всеобщее управление качеством

Третий этап — **всеобщее управление качеством TQC (1950-е гг.)**. Появились документированные системы качества, устанавливающие ответственность и полномочия, а также взаимодействие в области качества всего руководства предприятия, а не только специалистов служб качества.



Рис. 3 - 3-й этап качество продукции, процессов, деятельности как соответствие рыночным требованиям

Системы мотивации стали смещаться в сторону человеческого фактора. Материальное стимулирование уменьшалось, моральное — увеличивалось. Главными мотивами качественного труда стали работа в коллективе, признание достижений коллегами и руководством, забота фирмы о будущем работника, его страхование и поддержка его семьи.

Большое внимание уделяется учебе. В Японии работники учатся от нескольких недель до месяца, используя в том числе и самообучение. Системы взаимоотношений «поставщик — потребитель» начинают предусматривать сертификацию продукции третьей стороной. При этом более серьезными стали требования к качеству в контрактах, более ответственными гарантии их выполнения.

Большой вклад в разработку этой системы внесли А. Фейгенбаум, Г. Тагути, Э. Шиллинг.

Всеобщий менеджмент качества с учетом требований потребителей
Четвертый этап — **всеобщий (тотальный) менеджмент качества с учетом требований потребителей и служащих, TQM (1980-е гг.)**. Появилась серия новых международных стандартов на системы качества ИСО 9000.



Рис. 4 - 4-й этап качество как удовлетворение требований и потребностей потребителей и служащих

Всеобщий менеджмент качества является комплексной системой, ориентированной на постоянное улучшение качества, минимизацию производственных затрат и поставку точно в срок. Основная идеология TQM базируется на принципе «улучшению нет предела». Применительно к качеству действует установка: **стремление к нулю дефектов, к нулю непроизводственных затрат, к поставкам точно в срок.**

Одной из ключевых особенностей системы является использование коллективных форм и методов поиска, анализа и решения проблем, постоянное участие в улучшении качества всего коллектива. Мотивация достигает состояния, при котором люди настолько увлечены работой, что отказываются от части отпуска, задерживаются на работе, продолжают работать и дома.

Обучение становится всеохватывающим и непрерывным, сопровождающим работника в течение всей его трудовой деятельности. Обучение превращается и в часть мотивации. Хорошо обученный человек увереннее чувствует себя в коллективе, способен быть лидером, имеет преимущества в карьере.

На взаимоотношение поставщиков и потребителей оказывает сильное влияние сертификация систем качества на соответствие стандартам ИСО 9000. Для успешной работы предприятий на современном рынке наличие у них системы качества, соответствующей этим стандартам, и сертификата на нее является, может быть, не совсем достаточным, но необходимым условием.

Тотальный менеджмент качества с учетом потребностей общества

Пятый этап — всеобщий (тотальный) менеджмент качества с учетом требований и потребностей общества, владельцев, потребителей и служащих (1990-е гг.).



Рис. 5 – 5-й этап качество как удовлетворение требований и потребностей общества, владельцев, потребителей и служащих

Усиливается влияние общества на предприятия, а предприятия стали все больше учитывать интересы общества. Это привело к появлению стандартов ИСО 14000, устанавливающих требования к системам менеджмента с точки зрения защиты окружающей среды и безопасности продукции. Усиливается внимание руководителей предприятий к удовлетворению потребностей своего персонала.

Требования к системам менеджмента качества, установленных в СТБ ISO 9001 версии 2015 года

Стандарт ***СТБ ISO 9001 версии 2015 года*** способствует принятию процессного подхода при разработке, внедрении и повышении результативности системы менеджмента качества для повышения удовлетворенности потребителя путем выполнения его требований. Конкретные требования, рассматриваемые как важные для принятия

процессного подхода, включены в 4.4. Понимание и менеджмент взаимосвязанных процессов как системы содействуют результативности и эффективности организации при достижении ею намеченных результатов. Этот подход позволяет организации управлять взаимосвязями и взаимозависимостями процессов в системе, что в итоге может повысить общую пригодность организации. Процессный подход включает систематическое определение и менеджмент процессов и их взаимодействий, чтобы достичь намеченных результатов в соответствии с политикой в области качества и стратегическим направлением организации. Менеджмент процессов и системы в целом может быть осуществлен с использованием цикла PDCA (см. 0.3.2) совместно с

ориентацией на мышление на основе рисков (см. 0.3.3), позволяя получить преимущества от возможностей и предотвратить нежелательные результаты. Применение в системе менеджмента качества процессного подхода позволяет обеспечить: а) понимание и постоянное выполнение требований; б) рассмотрение процессов с точки зрения добавленной ценности; в) достижение пригодности для обеспечения результативности процесса; г) улучшение процессов на основе оценивания данных и информации. На рисунке 1 схематично представлен любой процесс и показаны взаимодействия между его элементами. Точки мониторинга и измерений, которые необходимы для управления, конкретны для каждого процесса и будут варьироваться в зависимости от связанных рисков.



Рисунок 1 – Схематичное представление элементов отдельного процесса

0.3.2 Цикл PDCA (Планируй - Делай - Проверяй - Действуй)

Цикл PDCA может быть применим ко всем процессам и к системе менеджмента качества в целом. На рисунке 2 показано, как разделы 4-10

могут быть сгруппированы в соответствии с циклом PDCA. Примечание - Цифры в скобках относятся к разделам настоящего стандарта.

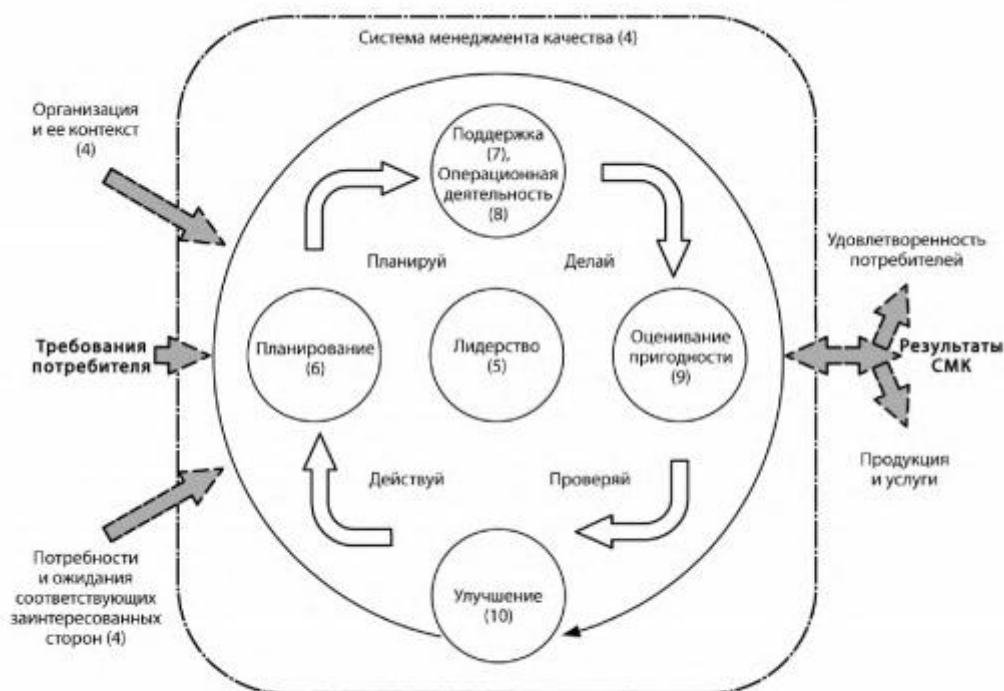


Рисунок 2 – Представление структуры настоящего стандарта в цикле PDCA

Цикл PDCA кратко может быть описан следующим образом: -П л а н и р у й : установить цели системы и ее процессов, а также ресурсы, необходимые для поставки результатов в соответствии с требованиями потребителей и политиками организации, а также идентифицировать и рассмотреть риски и возможности; - Делай: выполнить то, что запланировано; - Проверь: осуществить мониторинг и (если применимо) измерение процессов, а также полученную в результате продукцию и услуги по отношению к политикам, целям, требованиям и планируемой деятельности и отчитаться о результатах; -Действуй : осуществить действия по улучшению пригодности в той мере, в какой необходимо.

Содержание и принципы системы менеджмента качества. Концепция и политика качества

Базовые принципы управления качеством формировались постепенно и в настоящее время восемь принципов вошли в международные стандарты ИСО серии 9000. (рис.2).

Принцип - это основное положение теории, ведущая идея, основное правило деятельности.

На рис. 2 показано взаимосвязь принципов менеджмента качества. От руководителя зависит применение на практике принципов, прежде всего взаимодействия с потребителями и поставщиками, принятие решений на основе фактов, а также управления персоналом и системный подход в деятельности.

Первый принцип: ориентация на потребителя - учитывая, что любое предприятие успешно развивается при условии, что вся продукция, вырабатываемая на этом предприятии, нужна потребителю. Предприятия зависят от своих потребителей и поэтому должны понимать их текущие и будущие потребности, выполнять их требования и стараться превзойти их ожидания. В рыночных условиях компанией, фирмой или предприятием управляют потребители или клиенты, так как они платят деньги за ту продукцию, которая удовлетворяет их потребности. Безусловно, предприятие ставит перед собой цель получения экономического дохода, получение прибыли. Однако деньги поступают на предприятие только при реализации продукции.

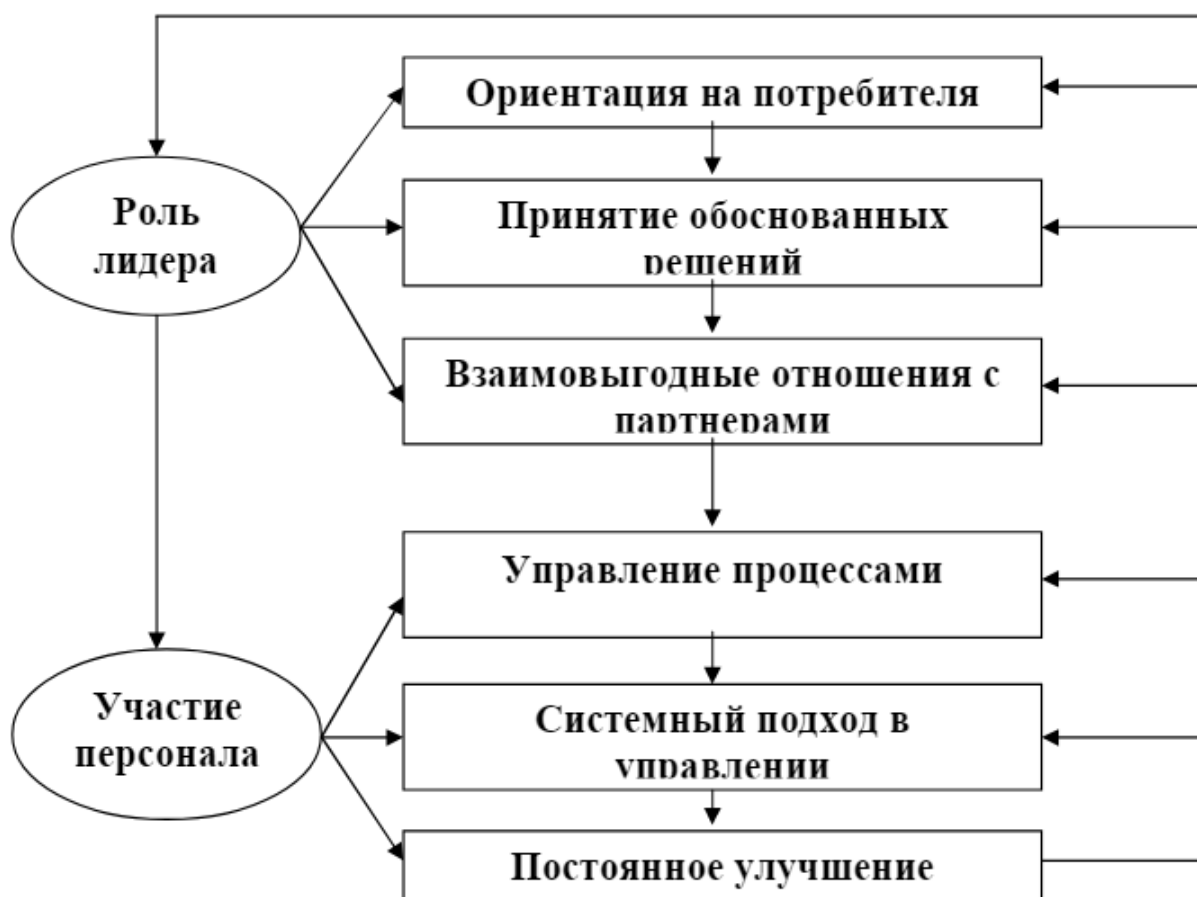


Рис.2. Базовые принципы менеджмента качества

Ориентация на потребителя означает его главную роль в деятельности организации, что требует необходимости получения информации о запросах и пожеланиях потребителей. Такая информация должна быть достаточной и достоверной, так как качество информации влияет на качество проекта новой продукции.

Предприятию, направляющему свою продукцию на рынок, как правило, важно узнать мнение потребителя о качестве товара. На основании этого мнения предприятие производит корректировку параметров качества продукции с целью ее дальнейшего улучшения. Существующие методы поиска и сбора данных об ожиданиях потребителя должны обеспечивать полноту ответов на вопросы, необходимые для улучшения продукции со стороны производителя. Например, определение индекса степени удовлетворенности потребителя позволяет количественно оценить значение отдельных характеристик качества продукции и их роль в общем мнении потребителя о качестве того или иного вида продукции. В системе управления качеством различают *внешних потребителей* и *внутренних потребителей* (рис.3).

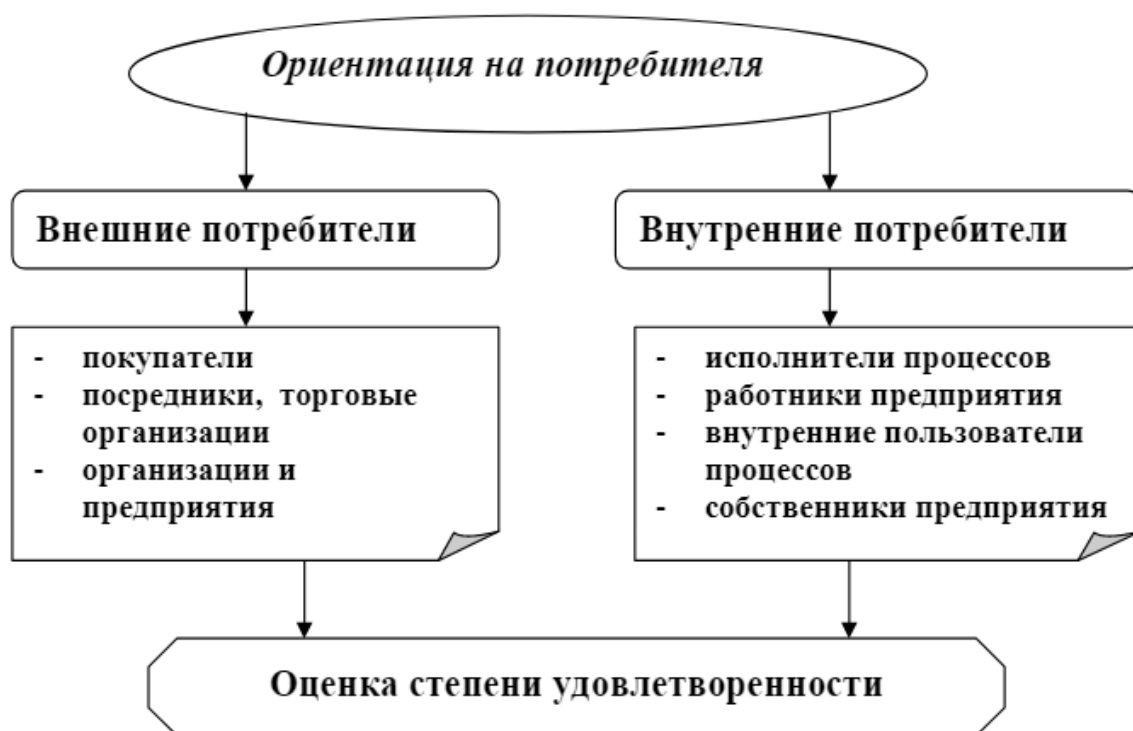


Рис.3. Представители внешних и внутренних потребителей

Второй принцип: лидерство руководителя в создании и внедрении системы менеджмента качества на предприятии - одно из важнейших условий успешного внедрения системы качества. Стратегия в области качества предприятия должна предусматривать постоянное личное участие *высшего руководства* в вопросах обеспечения качества. Руководитель предприятия должен понимать необходимость постоянного внимания к потребителю и рассматривать это как залог успеха в конкуренции. Если руководители не

доказывают своими действиями важность качества для решения тех или иных проблем, существующих на предприятии, то остальные члены коллектива также не будут считать вопросы качества одним из главных критериев в оценке их работы со стороны руководства и их внимание к качеству будет ослаблено. Руководители обеспечивают единство целей в области качества и направлений деятельности организации. Они должны создавать и поддерживать внутреннюю среду, в которой все работники могут быть полностью вовлечены в решение актуальных проблем, в том числе в области качества и выполнения задач организации. Важным условием принципа лидерства является то, что функции лидерства не ограничиваются высшим руководством, а распространяются на руководителей всех уровней управления. Лидеры развивают культуру всей организации, придерживаясь общих ценностей и моральных устоев. Поведение работников всех уровней управления должно соответствовать принятым ценностям в организации, обеспечивать выполнение стратегии и целей в области качества.

Третий принцип: вовлечение работников в деятельность по улучшению качества продукции и процессов для многих предприятий является важнейшей задачей. Персонал представляет собой определенную ценность и для успешной работы предприятия важен творческий потенциал каждого работника (рис.4). Система менеджмента качества требует усилий каждого участника процесса совершенствования и повышения эффективности работы.



Рис.4. Структура деятельности по выполнению принципа: вовлечение персонала в улучшение

Четвертый принцип: процессный подход в организации всей деятельности предприятий означает, что хороший результат достигается эффективнее, если деятельностью и соответствующими ресурсами управляют как процессом. Известно, что формирование качества продукции осуществляется с участием процессов на всех этапах жизненного цикла, следовательно, управлять процессами следует с позиции качества. Чем раньше ставится цель обеспечения качества, тем эффективнее станут предпринятые меры. При выполнении процессов используются ресурсы, которые позволяют получить запланированный результат и оценить эффект конкретной работы. У каждого процесса должен быть руководитель - ответственное лицо за качественное выполнение процесса (рис.5).



Рис.5. Сущность процессного подхода в управлении

Руководитель процесса должен: согласовать входные и выходные требования процесса; быть ответственным за корректировку возможных недостатков; способствовать разрешению, возникающих в ходе выполнения процесса, проблем; предусматривать возможность внесения изменений, обеспечивать совершенствование процесса и улучшение качества продукта. Качество процессов можно оценить с помощью показателей, которые устанавливаются для каждого процесса в соответствии с поставленными целями и результатом их достижения. Система управления качеством включает множество процессов и подпроцессов, предусматривает выполнение сети различного рода процессов, взаимосвязанных между собой. Взаимодействие процессов предполагает преимущественно горизонтальное управление, которое нацелено на создание продукции.

Пятый принцип: системный подход к менеджменту качества предполагает взаимодействие всех элементов с целью выявления, понимания и выполнения взаимосвязанных процессов как системы. Взаимодействие элементов необходимо на всех этапах создания продукции и охватывает все направления деятельности, при условии учета факторов, влияющих на качество объектов управления. Управление отдельными элементами системы должно осуществляться с учетом стратегической цели и политики в области качества и в соответствии с базовыми принципами менеджмента качества (Рис.6).

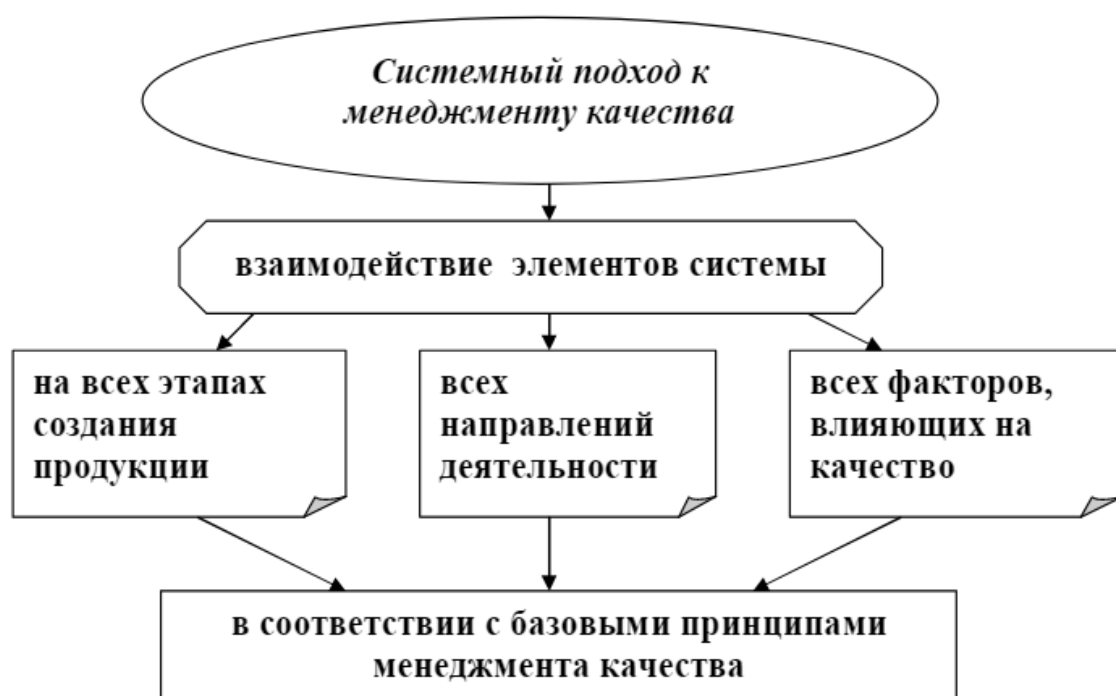


Рис.6. Условия выполнения принципа: системный подход к менеджменту качества

Выполнение этих принципов, с одной стороны, и целей в области качества на каждом этапе деятельности, с другой стороны, дает основание для формирования системного подхода в управлении качеством.

Шестой принцип: постоянное улучшение деятельности организации должно быть главной целью системы менеджмента качества. Постоянное и непрерывное улучшение качества объектов управления является одним из основных элементов успеха предприятия в рыночных условиях (рис.7).



Рис.7. Направления постоянных улучшений

Аттестация производства и организация контроля качества

В теории и практике современного управления существует множество различных аспектов, с помощью которых обосновывается высокая значимость феномена качества для успешного функционирования предприятий и организаций. Однако, не смотря на свою множественность и разносторонность, практически все эти аспекты содержат в себе единое общее положение о том, что на современном этапе развития экономических систем именно качество их работы является важнейшим условием их рыночной конкурентоспособности. Таким образом, проблемы управления качеством становятся для предприятия актуальными тогда, когда они реально сталкиваются с проблемой конкуренции и необходимостью обеспечения конкретных преимуществ. В общем случае существуют три базовых инструмента получения предприятиями конкурентных преимуществ [13, с. 156]: -минимизация производственных издержек (ценовая конкуренция);

-конкуренция на основе повышения качества (то есть конкуренция на основе позиционирования);

-использование рыночной власти.

В современной экономике возможности конкуренции за счет ценового фактора и использования рыночной власти постепенно ограничиваются. Возможности ценовой конкуренции снижаются за счет таких факторов, как:

-дифференциация покупательских требований, связанных с ростом доходов;
-рост основных статей производственных затрат в результате удержания энергоносителей и роста расходов на оплату труда;
-усиление конкуренции со стороны новых производителей, особенно предприятий новых индустриальных стран.

Получение конкурентных преимуществ за счет рыночной власти ограничивается в свою очередь двумя основными факторами:

-развитие национального антимонопольного законодательства;
-повышение степени открытости экономики и ее вовлечение в систему мировой торговли.

Таким образом, в современной экономике ключевым инструментом обеспечения конкурентоспособности становится система повышения качества их функционирования.

В общем смысле понятие качества применимо ко многим различным объектам, в частности к продукции предприятия, отдельным его бизнес - процессам, отдельным подразделениям и деятельности всего предприятия в целом. С общефилософской точки зрения под качеством того или иного объекта понимается его специфическая внутренняя сущность, видимым выражением которой является совокупность свойств данного объекта. В этом заключается объективная сторона качества.

Трактовка же качества с позиции экономики предполагает учет не только объективных особенностей качества как такового, но и определенные субъективные особенности. Субъективность в данном случае заключается в том, что понятие качества увязывается с понятием социальной потребности и рассматривается как способность того или иного объекта (носителя качества) эти потребности удовлетворять. При этом важными являются следующие особенности.

Во-первых, при экономической трактовке понятия качества учитываются не все объективно существующие свойства объекта, а только значимые для его пользователя.

Во-вторых, экономическая трактовка качества через категорию полезности предполагает практическое применение соответствующего объекта (носителя качества). Это означает, что о качестве можно говорить только в том случае, если соответствующий объект практически используется, причем такое

использование происходит по его целевому назначению. Таким образом, под качеством продукции следует понимать совокупность ее основных полезных свойств, обеспечивающих удовлетворение определенных потребностей пользователя при применении этой продукции по целевому назначению.

При рассмотрении качества как фактора конкурентоспособности предприятий необходимо обязательно учитывать следующие специфические моменты. Во-первых, качество работы предприятия в целом не тождественно качеству выпускаемой им продукции. Проблема в данном случае состоит в том, что конкурентоспособность предприятия - это многоплановое мероприятие. В современной трактовке под конкурентоспособностью предприятия понимается его способность достигать основных целей своего функционирования в условиях конкурентного противодействия. Особенность данной трактовки состоит в том, что, как правило, цели предприятия отличаются своей множественностью и их носителями являются различные заинтересованные в деятельности предприятия социальные группы (потребители продукции предприятия, собственники его имущества, менеджмент предприятия, поставщики основных ресурсов, общество как экономическая система более высокого уровня иерархии). В связи с этим акцентирование внимания только на интересах одной из заинтересованных групп в ущерб другим группам не позволяет предприятию обеспечить свою реальную конкурентоспособность в долгосрочном периоде времени. Так, предприятие, выпускающее конкурентоспособную продукцию, но не обеспечивающую удовлетворение целей своего персонала либо целей общества, неизбежно утрачивает свои конкурентные преимущества. Таким образом, говорить о качестве как о факторе конкурентоспособного предприятия можно только учитывая многоцелевой характер его функционирования. Во-вторых, несмотря на то, что само по себе качество функционирования предприятия, рассматриваемое как фактор его конкурентоспособности, является абсолютной характеристикой, уровень этого качества должен определяться как относительный параметр, проявляющийся в условиях конкурентного взаимодействия предприятия с агентами внешней среды. В немонопольных условиях заинтересованные в функционировании предприятия социальные группы всегда могут обеспечить достижение собственных целей посредством других, альтернативных производственных систем. В связи с этим высокий уровень качества функционирования предприятия реально наблюдается только в том случае, если такое функционирование позволяет удовлетворять различные социальные потребности на более высоком уровне, чем это могут сделать конкуренты. Таким образом, говорить о качестве функционирования предприятия без учета комплекса существующих альтернатив принципиально невозможно.

В-третьих, любое предприятие является сложной социально - экономической системой, следовательно, качество его работы также следует рассматривать как системную категорию. Это означает, что реально высокое качество работы предприятия достигается только при условии выполнения двух основных правил:

-обеспечивается высокий уровень качества работы всех функциональных подсистем предприятия, то есть высокое качество работы всех его подразделений;

-обеспечивается высокий уровень качества взаимодействия между всеми функциональными подсистемами.

Нарушение любого из указанных правил неизменно приводит к резкому снижению качественного уровня функционирования всего предприятия в целом.

Если же категория «качество» используется применительно к более детализированным элементам функционирования предприятия (например, по отношению к отдельным производственным процессам или видам выпускаемой продукции), ее конкретное содержательное значение несколько изменяется, приобретая более узкую целевую направленность и определенный иерархический статус в общей системе качественных характеристик указанного функционирования. Вместе с тем при таком изменении рассмотренная выше экономическая трактовка данной категории, раскрывающая качество через понятие полезности, сохраняет свой смысл, что позволяет рассматривать качество любого связанного с деятельностью экономической системы объекта как фактор конкурентоспособности этой системы [32, с. 12]. Совокупность используемых для оценки уровня качества продукции показателей весьма многообразна и потому может быть классифицирована по многим различным признакам. Традиционно такого рода классификация предполагает деление комплекса показателей качества на группы в соответствии со следующими основными критериями: уровень агрегированности оцениваемых полезных свойств продукции; характер размерности показателей качества; соответствие стадиям жизни изделия; специфика характеризующих свойств продукции.

В зависимости от уровня агрегированности оцениваемых свойств продукции, показатели качества делятся на следующие виды:

-единичные;

-комплексные:

групповые;

интегральные.

Единичные показатели качества представляют собой независимые характеристики отдельных свойств изделия, способных обеспечить его пользователю ту или иную полезность. Примерами единичных показателей качества могут быть производительность, габариты изделия, срок его полезной службы и т.д.

Комплексные показатели качества предназначены для характеристики определенного набора полезных свойств изделия. При этом групповые показатели качества характеризуют такую совокупность полезных свойств, которая характеризуется однородностью и схожестью единиц измерения, а интегральные показатели выражают общий уровень качества всех значимых для потребителя свойств изделия. К числу групповых могут быть отнесены такие показатели, как уровень надежности, уровень эргономичности, стоимость потребления изделия и т.д. В силу своей относительной внутренней однородности, групповые показатели качества могут быть выражены как в бальных, так и в непосредственных количественных единицах (например, групповой показатель стоимости потребления изделия может быть выражен в рублях). Интегральные же показатели качества изделий всегда внутренне неоднородны и потому в непосредственных количественных единицах выражаться не могут.

В зависимости от характера своей размерности, показатели качества могут быть: собственно качественные (используются для характеристики таких полезных свойств предметов, интенсивность проявления которых не может быть измерена количественно - эстетические показатели, вкусовые характеристики и т.д.); количественные:

.1. абсолютные (используются для характеристики таких свойств, эталонные значения единиц измерения которых являются общеупотребительными): бальные (в качестве инструментов измерения здесь используются различного рода бальные шкалы); натуральные (интенсивность которых может быть оценена стандартизированными физическими единицами - кг, м, А и т.д.); стоимостные;

.2. относительные (используются для характеристики таких свойств, эталонные значения единиц измерения которых являются имеют ситуативную природу - относительная трудоемкость изготовления продукции, относительная себестоимость изделия и т.д.).

По критерию соответствия стадиям жизни изделия, показатели качества делятся на:

прогнозируемые (их значения определяются на предпроектных стадиях и носят ориентировочных характер);

проектные (определяются как результат конкретных конструкторско-технологических решений, закладываемых в изделие на стадии его проектирования);

производственные (являются выражением конкретных особенностей производственной системы, в рамках которой разработанный проект находит свое практическое воплощение);

эксплуатационные (определяются как результат сочетания конструкторских

особенностей изделия, реальных производственных условий его создания и условий конечного целевого использования потребителем). В зависимости от специфики характеризующих свойств продукции, показатели качества делятся на следующие основные типы [17, с. 23]:

Показатели назначения - характеризуют свойства продукции, определяющие основные функции, для выполнения которых она предназначена, и обуславливают область ее возможного применения. В большинстве случаев показатели назначения характеризуют специфику полезной работы, выполняемой изделием, и служат для идентификации его возможных аналогов.

Показатели экономичности - характеризуют совокупность свойств изделия, выражающих степень интенсивности потребления различных видов ресурсов (материалов, топлива, энергии и т.д.) при осуществлении процессов его изготовления и целевой эксплуатации. К числу таких показателей могут быть, в частности, отнесены:

- удельная масса изделия на единицу основного функционального показателя;
- коэффициент полезного использования материальных и энергетических ресурсов при изготовлении изделия;
- коэффициент полезного действия изделия и т.д.

Показатели надежности - выражают способность изделия сохранять во времени в установленных пределах значения всех своих параметров, характеризующих способность этого изделия выполнять требуемые функции в заданных режимах и при заранее установленных условиях применения, транспортировки, хранения, ремонта и технического обслуживания. В качестве основных характеристик уровня надежности изделий принято выделять их безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Безотказность - свойство изделия непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки. К числу единичных показателей безотказности относятся: вероятность безотказной работы; средняя наработка на отказ; интенсивность отказов; параметр потока отказов.

Долговечность - свойство изделия сохранять работоспособное состояние до наступления предельного срока при установленной системе технического обслуживания и ремонта. К единичным показателям долговечности относятся: длительность межремонтного и межосмотрового периодов; средний срок службы и т.д.

Количественная оценка качества. Методы количественной оценки качества. Диаграмма Парето. Диаграмма Ишикавы

Квалиметрия – научная дисциплина, занимающаяся разработкой методов оценки качества продукции, услуг и производственных процессов.

В настоящее время разработаны и широко применяются десятки различных методов квалиметрии. С точки зрения погрешности все методы квалиметрии и соответствующие МОК (методы оценки качества) могут быть отнесены к одной из трех основных классификационных групп.

Точные методы оценки качества – в рамках которых используются все обоснованные в квалиметрии приемы, позволяющие уменьшить погрешность и увеличить надежность полученных результатов.

Упрощенные методы – характеризующиеся максимально допустимой величиной погрешности и минимально допустимой величиной надежности итоговых результатов.

Приближенные методы – которые с точки зрения погрешности и трудоемкости являются промежуточными между точными и упрощенными.

Методы оценки качества в зависимости от формы участия человека делятся на экспертные, аналитические и смешанные.

Экспертные методы оценки качества – это такие методы, в рамках которых для определения значений числовых характеристик используются знания экспертов.

Аналитические методы – в которых для определения значений показателей качества применяются расчётно-аналитические зависимости без использования мнений экспертов. Сказанное не означает, что необходимость в экспертах отпадает, так как во многих случаях их приходится привлекать для выполнения одной из операций оценки качества – построения дерева свойств объекта.

Смешанные методы – в которых значения некоторой, но не большей части числовых характеристик объекта определяются экспертным методом, а остальных – с применением расчётно-аналитических зависимостей.

Преимущества экспертных методов оценивания качества: относительная технологическая простота применения, малые затраты времени на разработку и использование МОК.

Недостатки экспертных методов оценивания качества: —

- большая трудоемкость, связанная с необходимостью поиска и привлечения в качестве экспертов квалифицированных специалистов;
- относительно большая погрешность и, как следствие, малая надежность итоговых результатов.

Преимущества неэкспертных методов:

- малая трудоемкость, связанная с отсутствием необходимости привлечения в качестве экспертов квалифицированных специалистов;

относительно малая погрешность и, как следствие, более высокая надежность итоговых результатов.

Недостатки неэкспертных методов: относительная технологическая сложность и большие затраты времени на разработку МОК. Для оценки уровня качества, необходимо его контролировать, чтобы обладать информацией о качестве оцениваемых объектов, как в различные периоды наблюдений, так и в конкретных временных точках.

Контроль качества – это деятельность, включающая проведение измерений, испытаний или других методов оценки параметров объекта или его эксплуатационных свойств и сравнение полученных величин с установленными нормативными требованиями к этим параметрам (показателям качества).

Современные инструменты контроля качества – это методы, которые используются для решения задачи количественной оценки параметров качества. Такая оценка необходима для объективного выбора и принятия управленческих решений при стандартизации, проектировании, производстве, сертификации и планировании повышения качества продукции, производственных процессов или услуг.

Также контроль качества предполагает отделение годных изделий от дефектных. При этом качество изделия не повышается за счет выбраковки некачественных образцов.

Именно поэтому основной задачей является не выявление, а предупреждение брака с тщательным анализом и контролем производственных процессов. Большую роль в обеспечении качества при его контроле играют статистические методы.

Целью методов статистического контроля является исключение случайных отклонений от нормативных значений показателей качества продукции. Такие отклонения вызываются конкретными причинами, которые нужно установить и устранить.

Статистические методы контроля качества основаны на требованиях и положениях стандартов статистического приемочного контроля, системе экономических планов, планах непрерывного выборочного контроля, методах статистического регулирования технологических процессов и подразделяются:

- на статистический приемочный контроль по альтернативному признаку;
- на выборочный приемочный контроль по установленным характеристикам качества, и др.

Каждый из существующих статистических методов контроля качества имеет свои преимущества и недостатки при обязательном условии обеспечения надежности получаемых результатов.

Например, *выборочный приемочный контроль* по установленным характеристикам имеет такое преимущество, как меньший объем выборки. Недостаток этого метода заключается в том, что для каждой контролируемой характеристики нужен отдельный план контроля. Если каждое изделие

проверяется по пяти характеристикам качества, необходимо иметь пять отдельных планов проверок.

Если на заводе контролируется партия изделий, среди которых есть годные и негодные, доля брака в данной партии может быть определена только в результате проверки всех изделий данной партии. При этом, контролируя взятую из партии выборку, можно собрать лишь информацию, способную исказить истинную картину.

Как правило, планы выборочного приемочного контроля проектируют таким образом, чтобы была мала вероятность ошибочно забраковать годную продукцию, или был мал риск производителя. Большинство планов выборочного контроля проектируется так, чтобы риск производителя был не выше 0,05.

Если при установленном плане выборочного контроля уровень приемлемого качества соответствует предполагаемой доле брака p в генеральной совокупности, то считают, что вероятность выбраковки продукции примерно соответствует значению 0,05. Поэтому уровень приемлемого качества соответствуют плану выборочного контроля.

При выборе метода контроля качества, необходимо помнить, что основной принцип управления качеством состоит в принятии решений на основе фактов. Наиболее полно это решается методом моделирования процессов, как производственных, так и управленческих.

Инструменты контроля качества можно рассматривать отдельно или как систему методов, обеспечивающую комплексный контроль показателей качества. Различают семь основных методов контроля (анализа) качества:

- 1) диаграмма, или график Парето;
- 2) диаграмма Ишикавы («Рыбья кость»);
- 3) контрольный листок;
- 4) гистограмма;
- 5) точечная диаграмма;
- 6) контрольный график;
- 7) стратификация (расслоение).

Основное назначение методов – контроль технологического процесса и предоставление специалистам фактов для корректировки и улучшения процесса.

Семь перечисленных инструментов контроля качества помогают решить 95% всех проблем, возникающих на производстве, а 80% всех проблем могут быть решены с применением только трех (диаграммы Парето, Ишикавы и контрольного листка) из этих семи основных методов контроля качества, что говорит об их высокой эффективности.

Диаграмма Парето

При контроле качества анализ Парето – это способ организации данных, показывающий, из каких основных факторов состоит анализируемый объект.

Диаграммой Парето называют такое построение, в котором строятся полосы или столбцы гистограммы в нисходящем порядке, начиная слева.

Основой графика Парето является правило «80...20»: 80% проблем являются результатом 20% причин.

Расположение данных на графике Парето помогает выделить «жизненно важное меньшинство» по сравнению с «незначительным большинством». Выбор категорий, помещение данных в таблицу и построение графика Парето помогают службе качества выбрать фактор, управление которым будет давать наилучшие результаты решения проблемы.

Анализ Парето получил свое название по имени итальянского экономиста Вилфредо Парето, который показал, что большая часть капитала (80%) находится в руках незначительного количества людей, а меньшая (20%) у всех остальных. Парето разработал логарифмические математические модели, описывающие это неоднородное распределение, а математик М.О. Лоренц представил графические иллюстрации.

Правило Парето – «универсальный» принцип, который применим во множестве ситуаций. Принцип Парето можно применить к любой группе причин, вызывающих то или иное последствие, когда большая часть последствий вызвана малым количеством причин.

Анализ Парето позволяет ранжировать отдельные факторы по значимости или важности, выявить и устранить в первую очередь те причины, которые вызывают наибольшее количество проблем (несоответствий)

Результаты анализа Парето, как правило, иллюстрируются диаграммой Парето (рис. 1), на которой по оси абсцисс отложены результаты ранжирования причин возникновения проблем качества в порядке убывания, а по оси ординат – количество ошибок, как в численном, так и в накопленном процентном выражении. На диаграмме видна область принятия первоочередных мер, очерчивающая те причины, которые вызывают наибольшее количество ошибок. Таким образом, предупредительные мероприятия в первую очередь должны быть направлены на решение именно этих проблем.

В повседневной деятельности по контролю и управлению качеством постоянно возникают проблемы, связанные, например, с появлением брака, неполадками оборудования, увеличением времени от выпуска партии изделий до ее сбыта, наличием на складе нереализованной продукции, поступлением рекламаций.

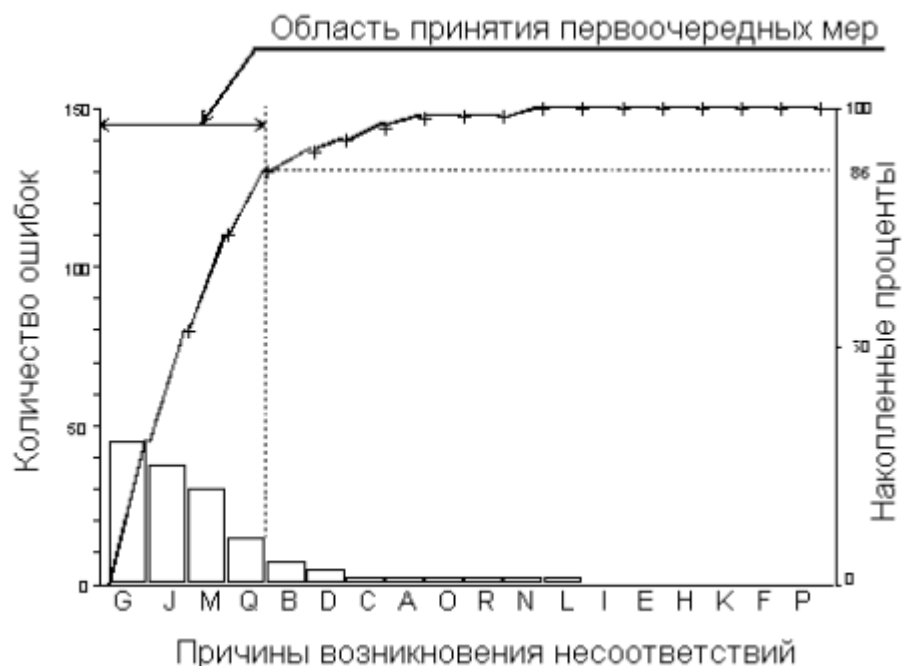


Рисунок 1 - Пример графика Парето

Диаграмма Парето позволяет распределить усилия для разрешения возникающих проблем и установить основные факторы, которыми нужно управлять с целью преодоления этих проблем.

Последовательность построения диаграммы Парето

1. Постановка задач и определение методов сбора данных.
2. Разработка контрольного листка для регистрации данных с перечнем видов собираемой информации.
3. Заполнение листов регистрации данных и подсчет итогов.
4. Заполнение бланка таблицы для проверки данных с целью оценки результатов расчетов по каждому проверяемому признаку в отдельности. По накопленной сумме числа дефектов, процентному соотношению между ними и накоплением процентов.

5. Расположение данных, полученных по каждому проверяемому признаку, в порядке значимости. В последнюю строку независимо от того, насколько большим получилось число (так как его формирует совокупность признаков, значимость которых меньше, чем самое маленькое значение, полученное для признака, выделенного в отдельную строку).

6. Построение графика, состоящего из одной горизонтальной и двух вертикальных осей, при этом на левую вертикальную ось в соответствующем масштабе откладывается суммарное число дефектов, на правую вертикальную ось, также в соответствующем масштабе, значения накопленного процента дефектов (максимальное значение отрезка правой вертикальной оси равно 100%), а на горизонтальной оси нанесено число наименований контролируемых

признаков. Максимальные значения левой и правой вертикальных осей, очевидно, равны между собой.

7. Построение столбчатой диаграммы. В построенных осях диаграммы откладывают число дефектов в соответствующем масштабе в виде «столбиков» и накопленный процент дефектов.

8. Построение кривой Парето. На вертикалях, соответствующих правым концам каждого интервала на горизонтальной оси, необходимо нанести точки накопленных сумм (результатов или процентов) и соединить их между собой отрезками прямых.

9. Нанесение на диаграмму всех обозначений и надписей (название, разметка числовых значений на осях, наименование контролируемого изделия, имя составителя диаграммы).

Применение диаграммы Парето для анализа видов отказов

Рассмотрим возможности применения диаграммы Парето для анализа видов отказов и их влияния на безотказность. Безотказность, показателем которой является, в частности, средняя наработка на отказ, определяется только частотой возникновения отказов.

Поэтому для повышения безотказности необходимо выявить те виды отказов, которые возникают наиболее часто, с тем чтобы уделить первоочередное внимание устранению причин именно этих отказов.

Для этого используют диаграмму Парето по числу отказов со следующим алгоритмом построения.

1. Выбирается классификация отказов, отвечающая исследуемому объекту, устанавливается метод и период сбора данных.

2. Разрабатывается форма для регистрации числа отказов каждого вида.

3. По заполненным формам регистрации данных подводятся итоги, после чего подготавливается бланк таблицы данных с графами для числа отказов каждого вида, накопленной суммы числа отказов, процентов к общему итогу и накопленных процентов.

4. Данные располагаются в порядке убывания числа отказов. Отдельные редко встречающиеся виды отказов целесообразно объединить под общим заголовком «Прочие». Группу «Прочие» надо поместить в последнюю строку вне зависимости от того, насколько большим получилось число, так как ее составляет совокупность признаков, числовой результат по каждому из которых меньше, чем самое маленькое значение, полученное для признака, выделенного в отдельную строку. Если группа «Прочие» составляет более 50%, необходимо использовать другой принцип классификации.

5. Строятся одна горизонтальная и две вертикальные оси. Горизонтальная ось делится на равные интервалы в соответствии с числом рассматриваемых факторов. Левая вертикальная ось имеет шкалу с интервалами от 0 до числа, соответствующего суммарному итогу, а правая вертикальная ось – шкалу от 0 до 100%.

6. Строится столбиковая диаграмма для числа отказов.

7. Строится кривая Парето. На вертикалях, соответствующих правым концам каждого интервала на горизонтальной оси, наносятся точки накопленных сумм (результатов или процентов) и соединяются отрезками прямых.

Пример применение данного алгоритма, исходные данные для которого приведены в табл. 1. На их основе вычисляются данные табл. 2, и строится диаграмма Парето для анализа по видам отказов (рис.2).

Таблица 1 - Вид и число отказов

Число отказов	Вид отказа
8	А
22	Б
10	В
4	Г
2	Д
3	Е
1	Ж
50	Итого

Таблица 2 - Сумма и накопленный процент числа отказов

Вид отказа	Число отказов	Накопленная сумма числа отказов	Процент числа отказов по каждому виду	Накопленный процент
Б	22	22	44	44
В	10	32	20	64
А	8	40	16	80
Г	4	44	8	88
Прочие	6	50	12	100
Итого	50	–	100	–

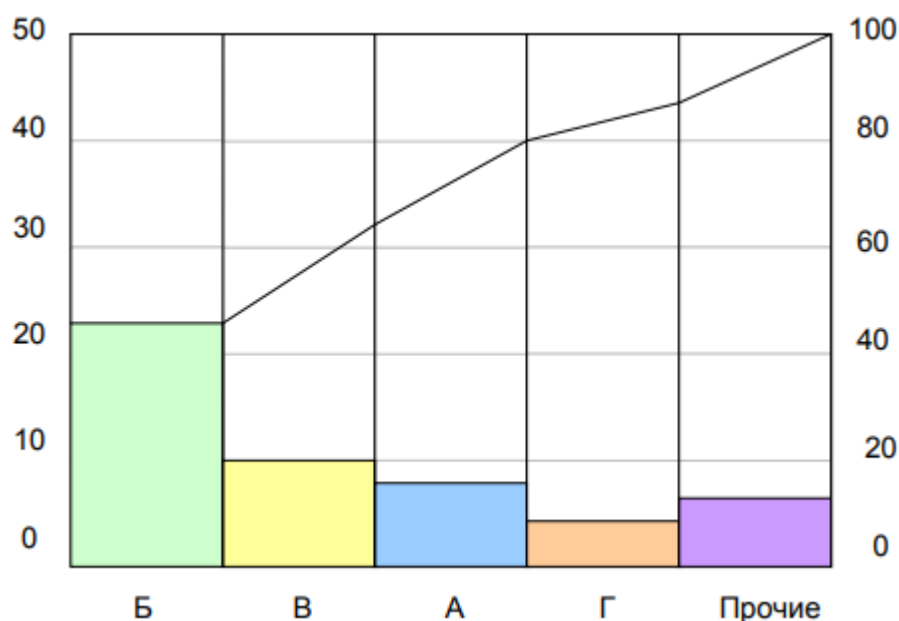


Рисунок 2 - Диаграмма Парето для анализа видов отказов

Диаграмма Ишикавы

В 1953 г. профессор Токийского Университета Каору Ишикава (Исикава), обсуждая проблему качества на одном заводе, суммировал мнение инженеров в форме диаграммы причин и результатов.

Когда же диаграмму начали применять на практике, она оказалась весьма полезной и скоро стала широко использоваться во многих компаниях Японии и получила название диаграммы Ишикавы. Она была включена в японский промышленный стандарт (JIS) на терминологию в области контроля качества и определяется в нем следующим образом: диаграмма причин и результатов – диаграмма, которая показывает отношение между показателем качества и воздействующими на него факторами.

Основная цель анализа причины и следствия – помощь команде в решении проблемы на основе выявления корневой причины с тем, чтобы можно было предпринять корректирующие воздействия. Результатом анализа причины и следствия является рисунок, составленный из линий и слов, которые представляют собой взаимоотношения между следствием и причинами. Этот метод анализа также называется диаграммой Ишикавы или «рыбьей костью». Причинно-следственная диаграмма – инструмент, позволяющий выявить наиболее существенные факторы (причины), влияющие на конечный результат (следствие). Информация о показателях качества для построения диаграммы собирается из всех доступных источников: используются журнал регистрации операций, журнал регистрации текущего контроля, сообщения рабочих производственного участка и т.д. При построении диаграммы выбираются наиболее важные с технической точки зрения факторы. Для этой цели широко используется экспертная оценка. Очень важно проследить корреляционную зависимость между причинными факторами (параметрами процесса) и

показателями качества. В этом случае параметры легко поддаются корреляции. Для этого при анализе дефектов изделий их следует раз делить на случайные и систематические, обратив особое внимание на возможность выявления и устранения причин систематических дефектов.

Известно, что значения показателей качества, являющиеся следствием процесса производства, обязательно имеют разброс. Поиск факторов, оказывающих особенно большое влияние на разброс показателей качества изделия (т.е. на результат), называют исследованием причин.

В настоящее время причинно-следственная диаграмма, являясь одним из семи инструментов контроля качества, используется во всем мире применительно не только к показателям качества продукции, но и в других областях.

Процедура построения диаграммы Ишикавы состоит из следующих основных этапов.

Этап 1. Определите показатель качества, т.е. тот результат, который вы хотели бы достичь.

Этап 2. Напишите выбранный показатель качества в середине правого края чистого листа бумаги. Слева направо проведите прямую линию (хребет), а записанный показатель заключите в прямоугольник. Далее напишите главные причины, которые влияют на показатель качества, заключите их в прямоугольники и соедините с хребтом стрелками в виде больших костей хребта (главных причин).

Этап 3. Напишите (вторичные) причины, влияющие на главные причины (большие кости), и расположите их в виде средних костей, примыкающих к большим. Напишите причины третичного порядка, которые влияют на вторичные причины, и расположите их в виде мелких костей, примыкающих к средним.

Этап 4. Проранжируйте причины (факторы) по их значимости, используя для этого диаграмму Парето, и выделите особо важные, которые предположительно оказывают наибольшее влияние на показатель качества.

Этап 5. Нанесите на диаграмму всю необходимую информацию: ее название; наименование изделия, процесса или группы процессов; имена участников процесса; дату и т.д.

Приведённая ниже диаграмма (рис. 3) построена для выявления возможных причин неудовлетворенности потребителя.

После того, как вы завершили построение диаграммы, следующий шаг – распределение причин по степени их важности. Приведем пример диаграммы Ишикавы (рис. 4). Назовем данную диаграмму 5М где рассматриваются компоненты «человек», «машина», «материал», «метод», «контроль», а в диаграмме типа 6М к ним добавляется компонент «среда».

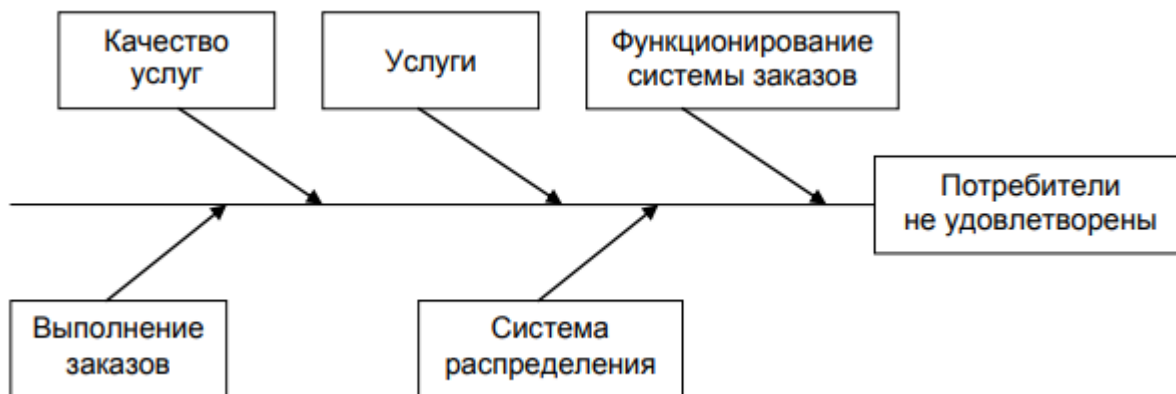


Рис. 4 - Диаграмма Ишикавы

Применительно к решаемой задаче квалитметрического анализа для компонента «человек» необходимо определить факторы удобства и безопасности выполнения операций; для компонента «машина» – взаимоотношения элементов конструкции анализируемого изделия между собой, связанные с выполнением данной операции; для компонента «метод» – факторы производительности и точности выполняемой операции; для компонента «материал» – факторы отсутствия изменений свойств материалов изделия в процессе выполнения данной операции; для компонента «контроль» – факторы достоверного распознавания ошибки процесса выполнения операции; для компонента «среда» – факторы воздействия среды на изделие и изделия на среду.

На диаграмме «рыбья кость» (рис. 5) с четырьмя основными категориями или «костями» порядок приоритета будет таким: А, С, В, D. Следовательно, А – это основная «кость», расположенная в наибольшей близости к «голове рыбы», за ней следуют С, В, D.

Такой порядок приоритета особенно полезен в дальнейшем, когда будет вновь просматриваться «рыбья кость».

Если человек, просматривающий диаграмму, может проследить логическую цепочку в построении «рыбьей кости», он может проследить процесс мышления команды и предложить лучший диагностический совет команде.

Когда вы строите диаграмму причин и результатов применительно к конкретному дефекту, вы, например, можете обнаружить, что число дефектов, появляющихся в разные дни недели, различно. Если обнаружится, что дефекты более часто встречаются в понедельник, чем в другие дни недели, вы можете задаться вопросом: А почему дефекты в понедельник появляются чаще, чем в другие дни недели? Почему они возникают?



Рисунок 5 - Пример диаграммы Ишикавы

Это заставит обратиться к рассмотрению факторов, которые отличают понедельник от других дней недели, что в результате приведет к обнаружению причины дефекта.

Прибегнув к такому способу рассуждения на каждой стадии исследования отношений между показателем качества и большими костями, между большими и средними, а также между последними и мелкими костями, возможно логическим путем построить диаграмму причин и результатов.

После того как построение диаграммы завершено, следующий шаг – распределение причин по степени их важности. Не обязательно все причины, включенные в диаграмму, будут оказывать сильное влияние на показатель качества.

Для выявления причин, оказывающих наибольшее влияние на результаты, удобно использовать диаграмму Парето. В настоящее время очень распространено совместное использование причинноследственной диаграммы и диаграммы Парето. Поэтому в сложных случаях для выявления того, какие из косточек наиболее важны, можно выяснить мнение участников анализа о ранжировании причин, а затем с помощью диаграммы Парето установить причины, набравшие максимальное число голосов.

Таким образом, причинно-следственная диаграмма позволяет выявить и систематизировать различные факторы и условия, оказывающие влияние на рассматриваемую проблему (на показатели качества).

Все, что производит человек, выражается совокупностью из четырех элементов:

- 1) продукция;
- 2) услуги;
- 3) информация;
- 4) энергия.

Каждый из этих элементов наиболее полно характеризует три фундаментальные величины: количество; затраты на производство, реализацию и потребление; качество.

Первая из этих величин – количество – является основой расчетов в комплексе технологических дисциплин. Вторую – затраты – изучают и учитывают в комплексе экономических дисциплин. Качество, практически до последнего времени, не учитывали ни в технологических, ни в экономических, ни в управленческих дисциплинах. Связано это с тем, что отсутствовала теория и прикладной инструментарий достоверного количественного выражения (оценивания) качества продукции, услуг информации и энергии. Без такого оценивания практически невозможно обеспечить эффективное функционирование экономических систем. Сказанное выше, безусловно, относится и к управленческой деятельности.

Любой руководитель в процессе работы сталкивается с проблемой количественного оценивания качества, с необходимостью управления качеством. В зависимости от специфики работы это может быть управление качеством производственного процесса, управление качеством конструирования, управление качеством продукции, управление качеством подбора персонала. В этих системах задача заключается в том, чтобы качество управляемого объекта привести в заданное время из состояния А в состояния Б, а для этого необходимо уметь количественно выражать состояния А и Б, т.е. давать количественную оценку его качества. Во-вторых, для качества необходимо уметь оценивать его количественно в тех случаях, когда необходимо принимать решения по качеству двух или большего числа вариантов.

Примеры:

- модель машины для закупки ее или отправки на экспорт;
- тип организационной структуры;
- комплект машин для строительства дороги в конкретных условиях эксплуатации;
- выбор из числа нескольких претендентов одного специалиста, наиболее подходящего для этого вида работы.

Из приведенных примеров ясно, что при численном сопоставлении больше двух вариантов и с учетом того обстоятельства, что качество каждого из вариантов определяется совокупностью многих параметров, неизбежен вывод, что для решения такого класса задач обязательно необходимо умение количественно оценивать качество.

В-третьих, количественное оценивание качества необходимо для решения, в особенности, экономических задач, в которых для повышения точности расчетов необходимо учитывать не только количественные, но и качественные факторы. К числу таких факторов можно отнести организационные, технические, технологические, социальные, экологические, эргономические, эстетические и др. факторы.

Тема 2.20. Требования безопасности при производстве работ по ремонту СДМ и ПТМ

1. Общие положения по безопасности труда.
2. Требования безопасности труда при ремонте СДМ и ПТМ.
3. Требования, предъявляемые к грузоподъемным машинам, выполняющим работы при ремонте.

Общие положения по безопасности труда

Общие требования безопасности при эксплуатации СДМ и ПТМ устанавливает межгосударственный стандарт ГОСТ 12.3.033-84 «СИСТЕМА СТАНДАРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ. Общие требования безопасности при эксплуатации».

Стандарт устанавливает общие требования безопасности при эксплуатации (использовании, техническом обслуживании, текущем ремонте, транспортировании, хранении) строительных машин* (далее машин) во всех отраслях народного хозяйства.

При эксплуатации машин следует руководствоваться ГОСТ 12.1.013-78, ГОСТ 25646-95, настоящим стандартом, стандартами на технологические процессы с использованием машин, правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей и правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей, а также требованиями эксплуатационной и ремонтной документации по предупреждению воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов.

Техническое обслуживание и текущий ремонт машин следует осуществлять в оборудованных помещениях или площадках. Для производства технического обслуживания и ремонта в условиях эксплуатации машина должна быть выведена из рабочей зоны.

Пожарная безопасность на рабочих местах должна обеспечиваться в соответствии с ГОСТ 12.1.004-90 и правилами пожарной безопасности для промышленных предприятий, утвержденными МЧС РФ.

Рабочие места при техническом обслуживании и текущем ремонте машин должны быть оборудованы комплектом работоспособных ручных машин (инструмента), приспособлений, инвентаря, грузоподъемными машинами и средствами пожаротушения.

Требования безопасности труда при ремонте СДМ и ПТМ

К техническому обслуживанию и ремонту машин допускаются лица, прошедшие специальную подготовку по указанным видам работ и получившие инструктаж по безопасным методам ведения работ.

Спецодежда слесаря должна быть прочной, чистой и плотно облегающая тело. Во время работы она должна быть застегнута. Манжеты допускается завязывать

завязками, концы которых убирают. Волосы следует заправлять под головной убор.

Верстак, на котором, слесарь производит работы, должен занимать устойчивое положение и содержаться в чистоте. Очищать его от стружки, опилок и осколков следует щеткой, веником, метлой или обтирочным материалом. Пролитое на пол масло или топливо необходимо удалять сразу, а это место посыпать песком или опилками.

Машины в местах их технического обслуживания и ремонта устанавливаются так, чтобы был обеспечен доступ ко всем их составным частям. Рабочее оборудование опускают на пол (грунт) или специальные подкладки.

Техническое обслуживание и ремонт машин следует осуществлять только после останова машины, выключения двигателя (привода) при исключении возможности случайного пуска двигателя, самопроизвольного движения машины и ее частей, снятия давления в гидро- и пневмосистемах, кроме случаев, которые допускаются эксплуатационной и ремонтной документацией.

Пользование открытым огнем для разогрева агрегатов и узлов не допускается.

Части машин, перемещающиеся под действием собственной массы при техническом обслуживании и ремонте, должны быть заблокированы механическим способом или опущены на опору с целью исключения их самопроизвольного перемещения.

При техническом обслуживании машин с электроприводом должны быть приняты меры, не допускающие случайной подачи напряжения на ремонтируемое оборудование. Плавкие вставки предохранителей в цепях питания токоприемников должны быть вынуты, пусковые устройства закрыты на замок и на них вывешены запрещающие знаки безопасности с поясняющей надписью "Не включать - работают люди".

У используемого слесарного молотка рабочая поверхность должна быть выпуклой (не сбитой и не косой), без трещин и заусенцев. Рукоятки кувалд и молотков должны быть изготовлены из сухой прочной древесины дуба, березы, рябины, кизила и др. хорошо обработаны и иметь гладкую поверхность.

Перед началом работ кувалдой и молотком обязательно проверяют прочность крепления их на рукоятках. Верхняя часть зубил и крейцмейселей не должна иметь трещин, забоин и заусенцев, потому что при ударе по ней молотком частицы металла будут отлетать в сторону и могут поранить находящихся вблизи людей. Инструменты с заостренными нерабочими концами (например, напильники) должны иметь хорошо обработанные и прочно насаженные рукоятки.

При разборке и сборке сборочных единиц снимать и устанавливать детали с острыми кромками следует в рукавицах. При использовании съемников необходимо следить, чтобы их крюки, лапы и захваты были прочно закреплены на деталях. Запрещается пользоваться съемниками и другими монтажными приспособлениями со смятой или сорванной резьбой, погнутыми стержнями,

планками, болтами. При сборке совпадение отверстий в соединяемых деталях проверяют бородком или металлическим стержнем.

Требования, предъявляемые к грузоподъемным машинам, выполняющим работы при ремонте

Перед началом работ на подъемно-транспортных средствах необходимо проверить соответствие им массы поднимаемого груза (деталей, сборочных единиц), исправность их действия и состояние грузозахватных устройств. При подъеме груза следует убедиться в надежности его закрепления на грузозахватном устройстве. Поднимать и опускать груз необходимо только вертикально. Опасно стоять под поднятым грузом, при перемещении поднятого груза работающий должен находиться сзади него. В момент опускания груза запрещается ставить под него подкладки, они должны быть положены заранее. Не допускается оставлять груз в подвешенном состоянии при временном прекращении работ. Снятые с машины сборочные единицы и детали следует укладывать на заранее подготовленное место, не загромождая ими проходы, и обеспечивать устойчивое их положение.

Рабочий по обслуживанию грузоподъемных механизмов, управляемых с пола обязан пользоваться только теми грузоподъемными машинами, на которых ему разрешено работать после получения инструктажа, обучения и проверки знаний по охране труда.

Обвязку и зацепку грузов производить только в соответствии с графическим изображением способов строповки грузов, которые должны быть вывешены на видных местах производства работ:

Для обвязки поднимаемого груза применять стропы, соответствующие массе поднимаемого груза, с учетом числа ветвей каната или цепи и угла их наклона.

Не поднимать груз, масса которого превышает грузоподъемность машины, указанную на трафарете.

Не допускать подъема крюка грузоподъемной машины до ограничителя подъема. Ограничитель высоты подъема крюка предназначен для аварийных целей.

При обвязке груза, имеющего острые ребра, нужно иметь подкладки для предохранения стропов от повреждения.

Мелкоштучные грузы (поковки, отливы, заготовки, готовые детали и т.п.) перемещать в специально для этого предназначенной таре, при этом загрузка ее должна быть не выше бортов. Тара должна быть исправной и иметь маркировку (номер, грузоподъемность, собственную массу и назначение).

При подъеме или опускании груза, установленного вблизи колонны, стены, штабеля, станка и другого оборудования, не находиться самому и следить за тем, чтобы не было других людей между грузом и указанными частями здания и оборудования.

При подъеме груза, по массе близкого к разрешенной грузоподъемности, предварительно поднять его на высоту 200-300 мм и проверить надежность действия тормоза. Во всех случаях перед подъемом груза убедиться в том, что груз надежно обвязан и не может выпасть или рассыпаться во время транспортировки.

При обнаружении неправильной и ненадежной обвязки или зацепки груза опустить его и произвести строповку вновь. Помнить, что удерживать стропы, соскальзывающие с груза или при его подъеме или транспортировке, а также поправлять их ударами молотка или лома запрещается.

При перемещении груза в горизонтальном направлении он должен быть поднят не менее, чем на 0,5 м выше встречающихся на пути предметов. Груз поднимать и перемещать плавно, без рывков и раскачивания.

Не перемещать груз над людьми. Во время перемещения груза в горизонтальном направлении находиться от него на безопасном расстоянии, не проходить в стесненных местах и по загроможденным проходам.

На месте укладки груза предварительно уложить подкладки, чтобы стропы можно было извлечь из-под груза.

2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа №1

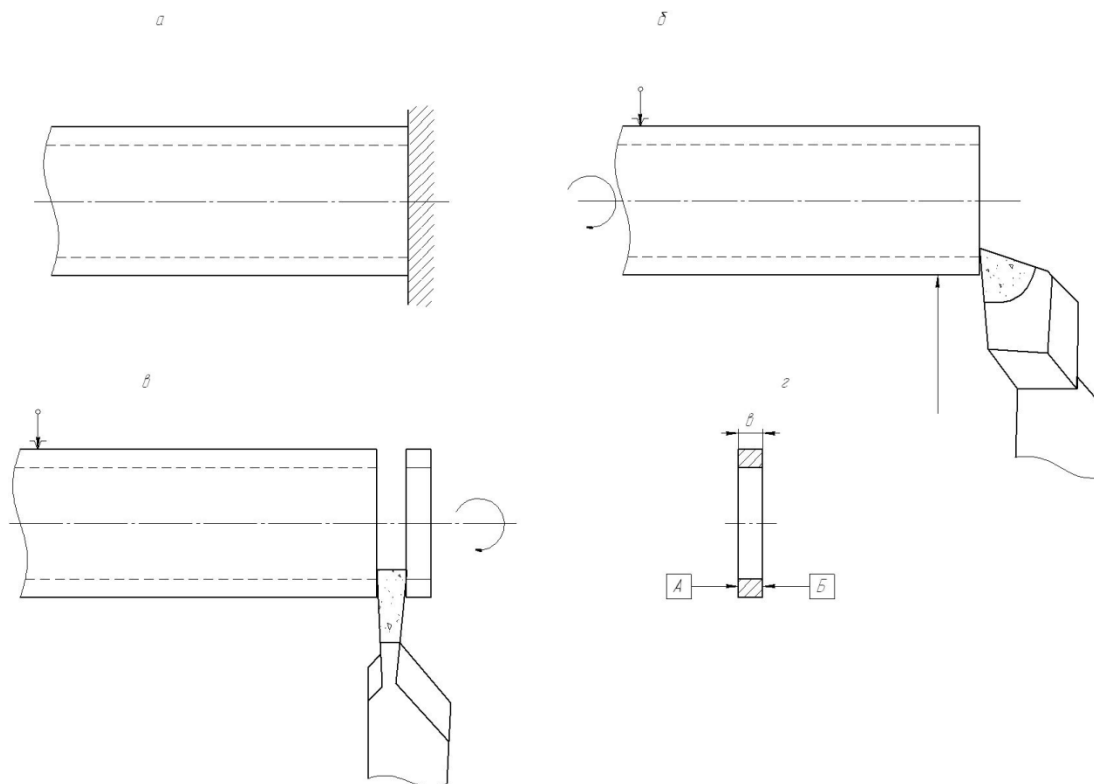
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОПЕРАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЗНАЧЕНИЙ ИССЛЕДУЕМОГО ПАРАМЕТРА ПО ЗАКОНУ ГАУССА

Цель работы:

1. Освоить на практике методику статистического исследования точности операции механической обработки при распределении погрешностей параметров качества детали по закону Гаусса.
2. Проверить гипотезу о законе распределения одного из параметров точности колец, обработанных на токарно-револьверном станке или токарном автомате при постоянной наладке режущих инструментов, и определить показатель точности технологической операции по исследуемому параметру.

Таблица 1 - Протокол измерения толщины колец, обработанных на токарном автомате (параллельное измерение)

№ п. п.	Размер	№ п. п.	Размер	№ п. п.	Размер	№ п. п.	Размер	№ п. п.	Размер
1	3.89	11	3.93	21	3.91	31	3.93	41	3.96
2	3.93	12	3.93	22	3.95	32	3.93	42	3.99
3	3.93	13	4.00	23	3.99	33	3.98	43	3.92
4	3.97	14	3.99	24	4.01	34	3.92	44	4.02
5	3.99	15	4.01	25	3.98	35	3.83	45	3.98
6	3.96	16	3.96	26	3.85	36	3.99	46	3.90
7	3.92	17	4.00	27	3.97	37	3.97	47	3.90
8	3.89	18	3.92	28	3.91	38	3.78	48	3.85
9	3.93	19	3.99	29	3.99	39	3.85	49	3.93
10	3.93	20	4.00	30	3.96	40	3.87	50	3.96



а- подача трубы до упора; б- подрезка торца; в- отрезка кольца; г- готовое кольцо.

Рисунок 1 - Схема изготовления колец

Таблица 2 - Подсчет эмпирических и теоретических частот нормального распределения.

№ изменений	Интервал	Подсчет частот	n_i	y_i	y_i'	y_i''	t	$\Phi(t)$	$F(x)$	m	
										i'	i''
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3.78-3.81		1	3795	-4	-4	16	-2.18	-0.4854	0.0146	0.73	1
3.81-3.84		1	3825	-3	-3	9	-1.64	-0.4495	0.0505	0.79	2

3.84- 3.87		5	3. 855	- 2	- 10	2 0	- 1.1 1	- 0.366 5	0. 1335	4 .65	5
3.87- 3.90		4	3. 885	- 1	- 4	4	- 0.5 7	- 0.215 7	0. 2843	7 .54	8
3.90- 3.93		1 5	3. 915	0	0	0	0 .04	0.0 16	0. 516	1 1.5 9	1 2
3.93- 3.96		5	3. 945	1	5	5	0 .50	0.1 915	0. 6915	8 .78	9
3.96- 3.99		1 3	3. 975	2	2 6	5 2	1 .04	0.3 508	0. 8508	7 .97	8
3.99- 4.02		6	4. 005	3	1 8	5 4	1 .57	0.4 418	0. 9418	4 .55	5
		Σ 0	5		2 8	1 60					1 00

y_0 - новое начало отсчета, за которое обычно принимается середина интервала, имеющего наибольшую частоту

h - размер интервала.

y_i - середина интервала

В нашем случае $y_0 = 3,915$ мм, $h = 0,03$ мм

$$y'_i = (y_i + y_0)/h$$

$$y'_1 = \frac{3.795 - 3.915}{0.03} = -4;$$

$$y'_5 = \frac{3.915 - 3.915}{0.03} = 0;$$

$$y'_2 = \frac{3.825 - 3.915}{0.03} = -3;$$

$$y'_6 = \frac{3.945 - 3.915}{0.03} = 1;$$

$$y'_3 = \frac{3.855 - 3.915}{0.03} = -2;$$

$$y'_7 = \frac{3.975 - 3.915}{0.03} = 2;$$

$$y_1' = \frac{3.885 - 3.915}{0.03} = -1;$$

$$y_1' = \frac{4.005 - 3.915}{0.03} = 3;$$

$m_i \times y_i'$ - моменты первого порядка

$m_i \times (y_i')^2$ - моменты второго порядка

$$\bar{x} = y_0 + h \frac{\sum m_i y_i'}{\sum m_i} = 3.915 + 0.03 \frac{28}{50} = 3.932 \text{ мм}$$

$$s = h \sqrt{\frac{\sum m_i (y_i')^2}{\sum m_i} - \left(\frac{\sum m_i y_i'}{\sum m_i}\right)^2} = 0.03 \sqrt{\frac{160}{50} - \left(\frac{28}{50}\right)^2} = 0.056 \text{ мм}$$

$$t_i = \frac{x_{\text{нб}} - \bar{x}}{s}$$

$x_{\text{нб}}$ — наибольшее значение данного интервала

$$t_1 = \frac{3.81 - 3.932}{0.056} = -2.18$$

$$t_5 = \frac{3.93 - 3.932}{0.056} = 0.04$$

$$t_2 = \frac{3.84 - 3.932}{0.056} = -1.64$$

$$t_6 = \frac{3.96 - 3.932}{0.056} = 0.5$$

$$t_3 = \frac{3.87 - 3.932}{0.056} = -1.11$$

$$t_7 = \frac{3.99 - 3.932}{0.056} = 1.04$$

$$t_4 = \frac{3.90 - 3.932}{0.056} = -0.57$$

$$t_8 = \frac{4.02 - 3.932}{0.056} = 1.57$$

По полученным значениям t_i (таблица 3) определяем функцию Лапласа:

$$\Phi(-t) = -\Phi(t);$$

$$\Phi(t_1) = \Phi(-2.18) = -0.4854;$$

$$\Phi(t_5) = \Phi(0.04) = 0.0160;$$

$$\begin{aligned}\Phi(t_2) &= \Phi(-1.64) = -0.4495; \\ \Phi(t_3) &= \Phi(-1.11) = -0.3665; \\ \Phi(t_4) &= \Phi(-0.57) = -0.2157;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi(t_6) &= \Phi(0.50) = 0.1915; \\ \Phi(t_7) &= \Phi(1.04) = 0.3508; \\ \Phi(t_8) &= \Phi(1.57) = 0.4418;\end{aligned}$$

$$F(x) = 0.5 + \Phi(t)$$

$$\begin{aligned}F(x_1) &= 0.5 + \Phi(t_1) = 0.5 + (-0.4854) = 0.0146; \\ F(x_2) &= 0.5 + \Phi(t_2) = 0.5 + (-0.4495) = 0.0505; \\ F(x_3) &= 0.5 + \Phi(t_3) = 0.5 + (-0.3665) = 0.1335; \\ F(x_4) &= 0.5 + \Phi(t_4) = 0.5 + (-0.2157) = 0.2843; \\ F(x_5) &= 0.5 + \Phi(t_5) = 0.5 + 0.0160 = 0.516; \\ F(x_6) &= 0.5 + \Phi(t_6) = 0.5 + 0.1915 = 0.6915; \\ F(x_7) &= 0.5 + \Phi(t_7) = 0.5 + 0.3508 = 0.8508; \\ F(x_8) &= 0.5 + \Phi(t_8) = 0.5 + 0.4418 = 0.9418\end{aligned}$$

Таблица 3 - Значение интегральной функции Лапласа

x	Φ(x)	x	Φ(x)	x	Φ(x)	x	Φ(x)	x	Φ(x)	x	Φ(x)
0,00	0,00	0,50	0,19	1,00	0,34	1,50	0,43	2,00	0,47	3,00	0,4986
0,01	0,00	0,51	0,19	1,01	0,34	1,51	0,43	2,01	0,47	3,01	0,4993
0,02	0,00	0,52	0,19	1,02	0,34	1,52	0,43	2,02	0,47	3,02	0,4996
0,03	0,01	0,53	0,20	1,03	0,34	1,53	0,43	2,03	0,48	3,03	0,4998
0,04	0,01	0,54	0,20	1,04	0,35	1,54	0,43	2,04	0,48	3,04	0,4999
0,05	0,01	0,55	0,20	1,05	0,35	1,55	0,43	2,05	0,48	3,05	0,4999
0,06	0,02	0,56	0,21	1,06	0,35	1,56	0,44	2,06	0,48	3,06	0,4999
0,07	0,02	0,57	0,21	1,07	0,35	1,57	0,44	2,07	0,48	3,07	0,4999
0,08	0,03	0,58	0,21	1,08	0,35	1,58	0,44	2,08	0,48		
0,09	0,03	0,59	0,22	1,09	0,36	1,59	0,44	2,09	0,48		
0,10	0,03	0,60	0,22	1,10	0,36	1,60	0,44	2,10	0,48		
0,11	0,04	0,61	0,22	1,11	0,36	1,61	0,44	2,11	0,48		
0,12	0,04	0,62	0,23	1,12	0,36	1,62	0,44	2,12	0,48		
0,13	0,05	0,63	0,23	1,13	0,37	1,63	0,44	2,13	0,48		
0,14	0,05	0,64	0,23	1,14	0,37	1,64	0,44	2,14	0,48		
0,15	0,05	0,65	0,24	1,15	0,37	1,65	0,45	2,15	0,48		
0,16	0,06	0,66	0,24	1,16	0,37	1,66	0,45	2,16	0,48		
0,17	0,06	0,67	0,24	1,17	0,37	1,67	0,45	2,17	0,49		
0,18	0,07	0,68	0,25	1,18	0,38	1,68	0,45	2,18	0,49		

0,19	0,0753	0,69	0,2549	1,19	0,3830	1,69	0,4545	2,38	0,4913		
0,20	0,0793	0,70	0,2580	1,20	0,3849	1,70	0,4554	2,40	0,4918		
0,21	0,0832	0,71	0,2611	1,21	0,3869	1,71	0,4564	2,42	0,4922		
0,22	0,0871	0,72	0,2642	1,22	0,3883	1,72	0,4573	2,44	0,4927		
0,23	0,0910	0,73	0,2673	1,23	0,3907	1,73	0,4582	2,46	0,4931		
0,24	0,0948	0,74	0,2703	1,24	0,3925	1,74	0,4591	2,48	0,4934		
0,25	0,0987	0,75	0,2734	1,25	0,3944	1,75	0,4599	2,50	0,4938		
0,26	0,1026	0,76	0,2764	1,26	0,3962	1,76	0,4608	2,52	0,4941		
0,27	0,1064	0,77	0,2794	1,27	0,3980	1,77	0,4616	2,54	0,4945		
0,28	0,1103	0,78	0,2823	1,28	0,3997	1,78	0,4625	2,56	0,4948		
0,29	0,1141	0,79	0,2852	1,29	0,4015	1,79	0,4633	2,58	0,4951		
0,30	0,1179	0,80	0,2881	1,30	0,4032	1,80	0,4641	2,60	0,4953		
0,31	0,1217	0,81	0,2910	1,31	0,4049	1,81	0,4649	2,62	0,4956		
0,32	0,1255	0,82	0,2939	1,32	0,4066	1,82	0,4656	2,64	0,4959		
0,33	0,1293	0,83	0,2967	1,33	0,4082	1,83	0,4664	2,66	0,4961		
0,34	0,1331	0,84	0,2995	1,34	0,4099	1,84	0,4671	2,68	0,4963		
0,35	0,1368	0,85	0,3023	1,35	0,4115	1,85	0,4678	2,70	0,4965		
0,36	0,1406	0,86	0,3051	1,36	0,4131	1,86	0,4686	2,72	0,4967		
0,37	0,1443	0,87	0,3078	1,37	0,4147	1,87	0,4693	2,74	0,4969		
0,38	0,1480	0,88	0,3106	1,38	0,4162	1,88	0,4700	2,76	0,4971		
0,39	0,1517	0,89	0,3133	1,39	0,4177	1,89	0,4706	2,78	0,4973		
0,40	0,1554	0,90	0,3159	1,40	0,4192	1,90	0,4713	2,80	0,4974		
0,41	0,1591	0,91	0,3186	1,41	0,4207	1,91	0,4719	2,82	0,4976		
0,42	0,1628	0,92	0,3212	1,42	0,4222	1,92	0,4726	2,84	0,4977		
0,43	0,1664	0,93	0,3238	1,43	0,4236	1,93	0,4732	2,86	0,4979		
0,44	0,1700	0,94	0,3264	1,44	0,4251	1,94	0,4738	2,88	0,4980		
0,45	0,1736	0,95	0,3289	1,45	0,4265	1,95	0,4744	2,90	0,4981		
0,46	0,1772	0,96	0,3315	1,46	0,4279	1,96	0,4750	2,92	0,4982		
0,47	0,1808	0,97	0,3340	1,47	0,4292	1,97	0,4756	2,94	0,4984		
0,48	0,1844	0,98	0,3365	1,48	0,4306	1,98	0,4761	2,96	0,4985		
0,49	0,1879	0,99	0,3389	1,49	0,4319	1,99	0,4767	2,98	0,4986		

$$m'_1 = F(x)_1 n; \quad m'_i = (F(x)_i - F(x)_{i-1})n, \text{ где } n = 50$$

$$\begin{aligned}
 m'_1 &= F(x)_1 n = 0.0146 * 50 = 0.73 \\
 m'_2 &= (F(x)_2 - F(x)_1)n = (0.0505 - 0.0146)50 = 1.795 \\
 m'_3 &= (F(x)_3 - F(x)_2)n = (0.1335 - 0.0505)50 = 4.65 \\
 m'_4 &= (F(x)_4 - F(x)_3)n = (0.2843 - 0.1335)50 = 7.54 \\
 m'_5 &= (F(x)_5 - F(x)_4)n = (0.516 - 0.2843)50 = 11.585 \\
 m'_6 &= (F(x)_6 - F(x)_5)n = (0.6915 - 0.516)50 = 8.775 \\
 m'_7 &= (F(x)_7 - F(x)_6)n = (0.8508 - 0.6915)50 = 7.965 \\
 m'_8 &= (F(x)_8 - F(x)_7)n = (0.9418 - 0.8508)50 = 4.55
 \end{aligned}$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^z \frac{(m_i - m_i^{/*})^2}{m_i^{/*}} \text{ — критерий Пирсона}$$

Таблица 4 - Вычисление критерия χ^2

m_i	$m_i^{/*}$	$m_i - m_i^{/*}$	$(m_i - m_i^{/*})^2$	$\frac{(m_i - m_i^{/*})^2}{m_i^{/*}}$
1	1			
1	2			
5	5			

Лабораторная работа №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ СТАНКА ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы: Практическое освоение метода определения жесткости и податливости токарного станка путем обработки на нем деталей типа колец разного диаметра.

1. Основные положения

Качество деталей машин, обеспечиваемое при механической обработке, определяется показателями точности и качества поверхностей. Точность деталей характеризуется точностью размеров, формы и взаимного расположения поверхностей; качество поверхностей – параметрами шероховатости и физико-механическими свойствами поверхностного слоя. Точность механической обработки зависит от большого числа факторов, так называемых первичных погрешностей. Характер и степень влияния этих факторов определяются методом обеспечения точности и видом обработки. При механической обработке на предварительно настроенном станке суммарная погрешность в общем случае складывается из следующих основных первичных погрешностей:

$$\Delta = \Delta_y + \Delta_z + \Delta_n + \Delta_{\text{и}} + \Delta_p + \sum \Delta_{\phi},$$

где Δ_y – погрешность размера, возникающая в результате упругого отжатия звеньев технологической системы вследствие неустойчивости сил резания; Δ_z – погрешность размера, возникающая при установке заготовки; Δ_n – погрешность размера, возникающая при настройке станка; $\Delta_{\text{и}}$ – погрешность размера, вызываемая размерным износом режущего инструмента; Δ_p – погрешность размера, вызываемая тепловыми деформациями технологической системы; $\sum \Delta_{\phi}$ – суммарная погрешность формы обработанной поверхности.

Погрешность Δ_y представляет разность предельных значений упругого отжатия частей технологической системы **СПИД** (станок – приспособление – инструмент – деталь), что вызывается неустойчивостью факторов, влияющих на усилие резания. На точность обработки оказывают воздействие преимущественно те деформации технологической системы, которые изменяют расстояние между режущей кромкой инструмента и обрабатываемой поверхностью, т. е. деформации, направленные нормально к обрабатываемой поверхности.

Способность системы противостоять действию силы, вызывающей деформации, характеризует ее **жесткость**.

Жесткостью технологической системы называют отношение радиальной силы резания P_y , направленной перпендикулярно обрабатываемой поверхности, к смещению y режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности заготовки в том же направлении:

$$j = P_y / y.$$

Для облегчения расчетов жесткости технологической системы введено понятие податливости W , т. е. величины обратной жесткости:

$$W = 1/j.$$

Жесткость имеет размерность Н/мм или Н/мкм, а податливость – мм/Н, мкм/Н. Жесткость станка можно определить статическим методом – нагружением узлов неработающего станка, и динамическим (производственным) методом – испытанием на жесткость работающего станка.

2. Методические указания

При определении податливости системы шпиндель – задняя бабка – суппорт токарного станка производственным методом, производится обточка комплекта колец различного диаметра, установленных на достаточно жесткой центральной оправке (рис. 1).

В работе используются кольца диаметром 80...160 мм и шириной 10...15 мм. Разница в диаметрах колец при выполнении одного опыта – 4...6 мм. Материал колец – стали марок Ст.3, Ст.4, Ст.5 и стали 35, 40, 45. Кольца закрепляются на оправке с посадочным диаметром 60 мм и длиной 300 мм. Кольцо, обрабатываемое первым, должно иметь наименьший диаметр. Рекомендуется многократное использование одного комплекта колец.

путем их последовательной переточки на меньшие диаметры. В задании указываются числовые значения исходных диаметров колец, например, $D_1 = 154,0$ мм; $D_2 = 159,0$ мм; $D_3 = 154,5$ мм; $D_4 = 160,0$ мм; $D_5 = 154,0$ мм. Обработка комплекта колец производится за один проход установленного на размер инструмента. Глубина при обработке каждого кольца различна, поэтому изменяется усилие резания, а следовательно, и упругое отжатие при переходе от каждого обработанного кольца к следующему. Таким образом, диаметры колец после обработки несколько отличаются друг от друга. Производя измерения диаметров колец до и после обработки, можно определить 4.

В задании указываются числовые значения исходных диаметров колец, например, $D_1 = 154,0$ мм; $D_2 = 159,0$ мм; $D_3 = 154,5$ мм; $D_4 = 160,0$ мм; $D_5 = 154,0$ мм. Обработка комплекта колец производится за один проход установленного на размер инструмента. Глубина при обработке каждого кольца различна, поэтому изменяется усилие резания, а следовательно, и упругое отжатие при переходе от каждого обработанного кольца к следующему. Таким образом, диаметры колец после обработки несколько отличаются друг от друга. Производя измерения диаметров колец до и после обработки, можно определить уточнение для каждой пары колец:

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta_i}{\delta_i},$$

Измерение диаметральных размеров колец до и после обработки производится микрометром. Результаты измерений заносятся в табл. 1.

где Δ_i – разность диаметров соседних колец, $\Delta_i = D_i - D_{i+1}$; δ_i – разность диаметров соседних колец после обточки, $\delta_i = d_i - d_{i+1}$;
 i – порядковый номер кольца.

Затем определяется среднее значение уточнения:

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i,$$

где n – число пар колец, используемых в опыте. В случае обработки комплекта, состоящего из пяти колец (рис. 1), $n = 4$.

Жесткость системы шпиндель – задняя бабка – суппорт токарного станка определяется по формуле

$$j = 10\lambda' C_p S^{0,75} \varepsilon,$$

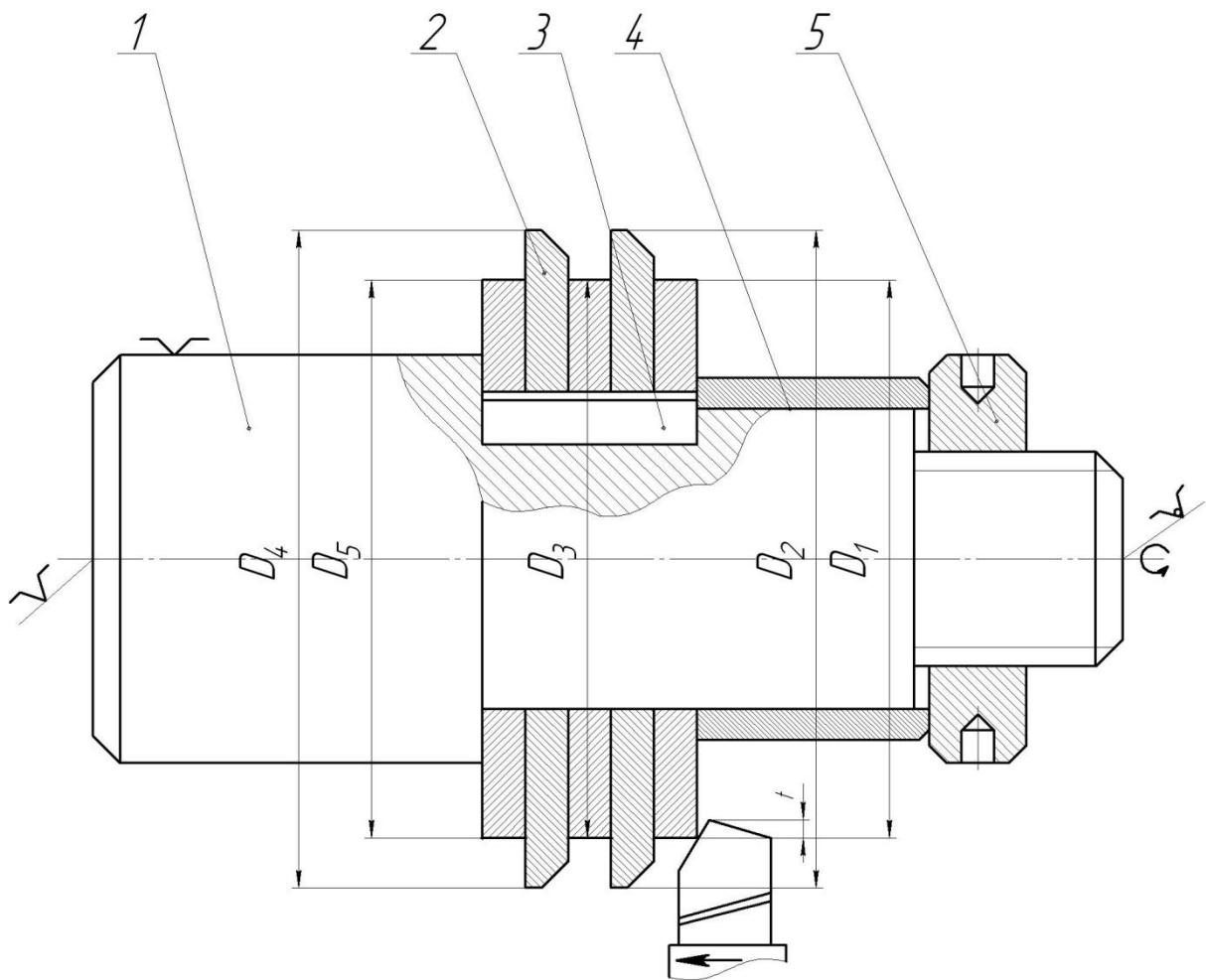
где λ' – коэффициент, характеризующий отношение P_y/P_z и зависящий от геометрии резца, состояния режущей кромки, режимов резания, механических свойств обрабатываемого материала и других факторов; C_p – коэффициент, зависящий от механических свойств обрабатываемого материала и угла резания; S – продольная подача, мм/об.

Податливость системы СПИД определяется по формуле

$$W = 1000/j.$$

Таблица 1- Вычисление уточнения ε

№ п. п.	Диаметр кольца, мм				ε
	D_i	$D_i - D_{i+1}$	d_i	$d_i - d_{i+1}$	
1					
2					
3					
4					
5					



1-оправка ; 2-комплект колец; 3- шпонка; 4- втулка; 5-гайка.
 Рисунок 1- Схема обработки при определении жесткости станка

Чтобы определить коэффициент λ' , необходимо рассчитать P_y и P_z для принятых режимов резания, используя для этой цели эмпирические формулы. Некоторые значения коэффициента, рассчитанные таким путем, приведены в табл. 1.3. Значение коэффициента C_p с достаточной для практики точностью можно определить по табл. 1.4 в зависимости от предела прочности или твердости обрабатываемого материала. Режимы резания выбираются с таким расчетом, чтобы после проточки колец достигалась шероховатость поверхности R_a не более 8 мкм. Это необходимо для обеспечения точного измерения диаметров колец после обработки.

Таблица 2 - Значение коэффициента λ

Скорость резания, м/мин	Глубина резания, мм	Подача, мм/об			
		0,15	0,21	0,26	0,34
60	0,25	0,78	0,74	0,72	0,69
	0,50	0,73	0,69	0,67	0,64
	1,00	0,68	0,65	0,63	0,60
	1,50	0,65	0,62	0,60	0,58
	2,00	0,63	0,60	0,58	0,56
	3,00	0,61	0,58	0,56	0,54
	4,00	0,59	0,56	0,54	0,52
80	0,25	0,75	0,71	0,69	0,66
	0,50	0,75	0,71	0,69	0,61
	1,00	0,65	0,62	0,60	0,57
	1,50	0,62	0,59	0,57	0,55
	2,00	0,60	0,57	0,55	0,53
	3,00	0,58	0,56	0,54	0,52
	4,00	0,57	0,54	0,52	0,50
100	0,25	0,72	0,69	0,67	0,64
	0,50	0,68	0,64	0,62	0,59
	1,00	0,63	0,60	0,58	0,56

Скорость резания, м/мин	Глубина резания, мм	Подача, мм/об			
		0,15	0,21	0,26	0,34
	1,50	0,60	0,57	0,56	0,54
	2,00	0,58	0,56	0,54	0,52
	3,00	0,57	0,54	0,52	0,50
	4,00	0,55	0,52	0,50	0,48

Рекомендуемые режимы резания: $t = 0,2 \dots 0,3$ мм (на кольца с наименьшим диаметром); $S = 0,15 \dots 0,35$ мм/об; $V = 60 \dots 80$ м/мин.

Таблица 3 - Коэффициент C_p при обработке конструкционной стали

Предел прочности σ_s , МПа	Твердость		C_p
	НВ	HRC	
350	103	–	144
450	133	–	155
550	163	–	165
650	190	–	180
750	220	–	193
850	250	–	205

3. Порядок выполнения работы

1. Осуществить наладку станка по заданной схеме: установить оправку с комплектом колец, проходной резец; установить режим резания.
2. Измерить диаметры колец микрометром. Данные измерений занести в табл. 1.
3. Проточить комплект колец за один проход с заданным режимом.
4. Измерить диаметры колец после проточки. Данные измерений занести в табл. 1.
5. Вычислить уточнение для каждой пары колец ε_i и среднее уточнение ε .
6. Вычислить жесткость и податливость станка.
7. Проанализировать полученные результаты.
8. Составить отчет.

4. Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Эскиз обработки.
4. Режимы обработки и исходные данные для расчета.
5. Результаты измерений и вычисление уточнения (табл. 1).
6. Расчет жесткости и податливости станка.
7. Выводы.

5. Контрольные вопросы

1. Что такое жесткость и податливость технологической системы?
2. В каких единицах измеряются жесткость и податливость?
3. В чем сущность динамического метода определения жесткости станка? 4. Что называется уточнением? 5. Как определить жесткость станка, зная уточнение?

Лабораторная работа №3
ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВ ИЗНАШИВАНИЯ, РАЗРУШЕНИЙ, ХИМИЧЕСКИХ И
ТЕПЛОВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ
МАШИН

Цель работы:

1. Углубить знания по изнашиванию и разрушению деталей СДМ и ПТМ.
2. Приобрести практические навыки в определении износа деталей.

3.1 Оборудование и инструмент:

1. Верстак слесарный.
2. Образцы изношенных деталей.
3. Штангенциркуль с пределами измерений 0...250 мм.
4. Микрометры МК (ГОСТ 6507-78) с пределами измерений 25...50 мм, 50...75 мм.
5. Штангензубомер.
6. Набор щупов.

3.2. Общие сведения и указания к работе

В процессе эксплуатации СДМ и ПТМ под влиянием механического, теплового и физико-механического воздействия происходит изнашивание сопрягаемых деталей.

Изнашивание - это процесс постепенного изменения размеров и формы тела при трении, проявляющийся в отделении с поверхности трения материала и в его остаточной деформации.

Изнашивание подразделяется на три основные группы: механическое, молекулярно механическое и коррозионно-механическое. Механическое изнашивание наблюдается при механическом взаимодействии материалов изделия; молекулярно-механическое происходит в результате механического взаимодействия материалов и одновременного воздействию молекулярных или атомарных сил; коррозионно-механическое изнашивание происходит при трении материала, вступившего в химическое взаимодействие со средой.

Механическое изнашивание подразделяется на абразивное и усталостное.

Абразивное изнашивание - это процесс, при котором трущиеся поверхности разрушаются в результате царапающего или режущего действия твердых тел или частиц. Этому изнашиванию подвержены ковши экскаваторов, детали ходовой части гусеничных экскаваторов и кранов, работающие непосредственно в абразивной среде.

Разновидностью абразивного изнашивания является гидро- и газообразное изнашивание, когда износ происходит в результате действия на материал твердых частиц, увлекаемых соответственно потокам жидкости или газа.

Гидроабразивному изнашиванию подвержены плунжеры и втулки топливных насосов дизельных двигателей, отверстия в корпусах и золотники гидрораспределителей, цилиндры гидросистем и др. Газоабразивному изнашиванию подвержены, например, детали воздухоочистителей двигателей.

Разновидность механического изнашивания - кавитационное изнашивание поверхности при относительном движении твердого тела и жидкости, во время которого пузырьки газа разрываются вблизи поверхности, что создает местное повышение давления с образованием разрушений в виде каверн.

Усталостное изнашивание поверхности трения является следствием многократного деформирования микрообъемов материала, приводящего к возникновению трещин и отделению с поверхностного слоя частиц материала.

Усталостное изнашивание возможно как при трении качения, так и при трении скольжения. Усталостному изнашиванию подвержены поверхности подшипников качения и скольжения, зубьев шестерен.

Молекулярно-механическое изнашивание проявляется в схватывании металлов, т. е. образовании металлической связи, которая при относительном перемещении деталей приводит к вырыванию частиц металла с одной из поверхностей и переносу их на другую, как правило, более твердую. При малой скорости скольжения деталей размягчение металла частицы не происходит и она, находясь в твердом состоянии, будет оказывать царапающее действие на сопряженную поверхность. При больших скоростях металл частицы легко пластифицируется и размазывается по поверхности.

Коррозионно-механическое изнашивание – результат механического воздействия сопряженных поверхностей, которое сопровождается химическим или электрохимическим взаимодействием материала детали с агрессивной средой.

Кавитационное изнашивание – процесс механического разрушения материала детали от соприкосновения его с движущейся жидкостью, в которой нарушается сплошность ее объема из-за образования и исчезновения полостей, в зоне которых при повышенных давлениях, конденсации паров и растворении газов создаются условия для интенсивных гидравлических микроударов, разрушающих деталь. Этому виду изнашивания подвержены лопадки гидротурбинных установок, гребные винты и др.

Изнашивание при фреттинге (англ. *fretting*, от *fret* – разъедать, подтачивать) имеет место при малых многократных колебательных перемещениях одной сопряженной поверхности относительно другой (различают возвратно-поступательные и возвратно-вращательные перемещения).

Изнашивание при схватывании возникает при разрыве масляной пленки, обнажении и взаимодействии ювенальных поверхностей сопряженных деталей. Под действием молекулярных сил происходит твердофазная сварка локальных поверхностных контактов, которая при относительном перемещении деталей вызывает глубинное вырывание материала с одной поверхности, перенос его на другую поверхность и абразивное воздействие образовавшихся неровностей на сопряженные поверхности, т. е. задир.

Схватывание также может вызывать заедание узла трения. При этом действующие движущие силы могут привести к значительным деформациям деталей механизма. Так, заклинивание поршня приводит к изгибу шатуна в направлении вращения шейки коленчатого вала (рис. 5).

Окислительное изнашивание представляет собой вид коррозионно-механического изнашивания, при котором основную роль играют химические реакции металлов пары трения с кислородом или окислительной средой. При трении в условиях смазки металлические поверхности вступают в реакцию с кислородом, растворенным в масле или кислородсодержащих элементах. В результате происходит образование окисных пленок. Тонкие окисные пленки (вторичные структуры) на поверхностях трения защищают материал от схватывания. С течением времени они утолщаются и становятся хрупкими, а под действием деформаций постепенно разрушаются и уносятся смазочным материалом. На их месте образуются новые окисные пленки. Скорость их образования зависит от режимов работы узла трения.

Изнашивание при фреттинг-коррозии представляет собой коррозионно-механическое изнашивание при вибрациях, т. е. в условиях малых относительных перемещений. При этом виде изнашивания одновременно развиваются два процесса: фреттинг-износ и усталостное разрушение. Первый связан с образованием продуктов окисления, которые при механическом срезании представляют собой абразив. Усталостное изнашивание обусловлено действием циклических нагрузок. Причем развитие усталостных трещин происходит неизменно перпендикулярно направлению фреттинга.

Эрозионное изнашивание – изменение размеров и шероховатости твердого тела в результате механического воздействия на него потока жидкости или газа в отсутствие абразивных частиц. Интенсивность эрозии во многом зависит от агрессивности и температуры среды. В автомобиле эрозии часто подвергаются клапаны газораспределительного механизма (рис. 6), жиклеры карбюратора, детали амортизаторов.

Электроэрозионное изнашивание возникает в результате воздействия на поверхность детали разрядов при прохождении электрического тока через контакт пары трения.

Интенсивность изнашивания зависит от многих факторов, основными из которых являются:

1. характер и периодичность действующих нагрузок, скорость перемещения, удельное давление и температура в зоне контакта, т. е. все то, что определяет вид изнашивания;
 2. конструкция машин и узлов, определяющая условия нагружения, соответствие конструктивной прочности деталей приложенным нагрузкам, а также технологичность и ремонтпригодность конструкции в отношении технического обслуживания и ремонта;
 3. физические параметры, такие как температура, твердость поверхностей деталей и др.;
 4. технологические параметры, такие как точность изготовления размеров и формы детали, шероховатость и волнистость её поверхности;
 5. промежуточная среда – качество и способ подвода смазки, наличие в зоне контакта вторичных структур и абразива (размеры, форма и твердость абразивных частиц);
 6. условия технического обслуживания и ремонта: качество применяемых горюче-смазочных материалов, квалификация обслуживающего персонала, своевременность и качество выполнения технического обслуживания и ремонта;
- рабочая (окружающая) среда – температура и скорость движения среды, химический состав, обуславливающий ее агрессивность.

Кроме изнашивания при эксплуатации машин наблюдаются другие процессы, вызывающие их неисправности. К ним относятся: усталостное разрушение, химико-тепловые повреждения.

Усталостью металла называется процесс постепенного накопления повреждений в материале под действием повторно-переменных напряжений, приводящих к уменьшению долговечности, образованию трещин и разрушению.

Усталостному разрушению подвержены коленчатые валы, валы реверса лебедок, вертикальные валы механизма поворота экскаватора, зубчатые колеса и другие детали, воспринимающие значительную знакопеременную нагрузку.

Химико-тепловые повреждения. К этой группе повреждений относятся коррозия, образование накипи, нагара, осадков, коробление.

Коррозия - самопроизвольное разрушение металла, вызванное химическими и электрохимическими процессами, развивающимися на поверхности детали при ее взаимодействии с внешней средой.

Химическая коррозия возникает при воздействии на металл внешней среды. Окисление происходит в результате проникновения атомов кислорода в кристаллическую решетку металла с образованием оксидов железа FeO , Fe_3O_4 ; Fe_2O_3 . С ростом температуры окружающей среды интенсивность химической коррозии возрастает. Например, выпускные клапаны и седла клапанов двигателей находятся под воздействием газов при температуре $650 \dots 800^\circ \text{C}$. Для повышения коррозионной стойкости выпускные клапаны изготавливают из жаропрочных сталей и наплавляют сплавами на хромоникелевой основе ВХН-1. Седла клапанов и вставки для верхней части цилиндров изготавливают из высокопрочного легированного чугуна, глушители двигателей - из коррозионностойкой стали (10Х13Ю или Х13Т).

Электрохимическая коррозия металлов происходит под воздействием электролита в виде тонких слоев атмосферной влаги с растворенными в ней газами либо в виде водных растворов щелочей, кислот и солей, находящихся в загрязнениях на поверхности металла.

Лабораторная работа №4
ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КТРОЛЬ САРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы – приобретение навыков в определении качества сварных соединений посредством визуального и измерительного контроля.

4.1. *Общие положения. Теоретические основы*

Визуальный контроль – один из наиболее простых и общедоступных видов неразрушающего контроля, обеспечивающий высокую производительность. Визуальный и измерительный контроль применяют в 2-х вариантах:

внешний осмотр сварных соединений и измерение геометрических параметров после изготовления партии изделий;

активный внешний осмотр – контроль в процессе сварки с оперативной обратной связью для регулирования технологических режимов.

Общие технические требования к контролю внешним осмотром и измерениями соединений металлов и сплавов, выполненных видами сварки, устанавливает СТБ 1133-98 [1], а требования к визуальному методу контроля сварных соединений металлов, полученных сваркой плавлением, устанавливает СТБ ЕН 970-2003 [2].

Визуальный и измерительный контроль выполненных сварных соединений (конструкций, узлов) производят с целью выявления деформаций, поверхностных трещин, подрезов, прожогов, наплывов, кратеров, свищей, пор, раковин и других несплошностей и дефектов формы швов и допустимости обнаруженных дефектов. Качество сварных соединений считается неудовлетворительным, если выявлены недопустимые дефекты.

Подготовка к визуальному и измерительному контролю. Визуальный и измерительный контроль сварных соединений осуществляют до использования остальных неразрушающих методов контроля (капиллярный, ультразвуковой, радиационный и др.). Перед визуальным контролем поверхность основного металла и сварных соединений очищают от шлака, брызг металла, ржавчины и других загрязнений, которые препятствуют проведению контроля.

Освещенность лицевой поверхности контролируемого изделия должна составлять не менее 350 лк, а для надежного выявления дефектов – 500 лк.

Геометрические параметры сварных швов измеряют после визуального контроля или одновременно с ним. Измерение деталей, подготовленных под сварку производят до их сборки.

При визуальном и измерительном контроле сварных соединений контролируемая зона должна включать в себя поверхность металла шва и примыкающие к нему с обеих сторон участки шириной от 5 мм – для стыковых соединений, выполненных дуговой и контактной сваркой оплавлением при номинальной толщине свариваемых деталей до 5 мм до 50 мм - для сварных соединений, полученных с помощью электрошлаковой сварки, независимо от номинальной толщины деталей.

Параметры шероховатости очищенных для выполнения контроля деталей, сварных соединений и кромок деталей, подготовленных под сварку, не должны превышать R_a 12,5 мкм и R_z 80 мкм.

Инструменты, шаблоны, эталоны. При визуальном измерительном контроле применяют: лупы с увеличением до 20^x в том числе измерительные; металлические линейки; поверочные лекальные угольники; штангенциркули и штангенглубиномеры; щупы; угломеры с нониусом; индикаторные толщинометры; микрометры; нутромеры; эталоны сварных швов; шаблоны, в том числе специальные и универсальные (например, типа УШС), радиусные и др.; поверочные плиты.

Для контроля основного металла и сварных соединений при изготовлении (монтаже, ремонте и реконструкции) технических устройств используют лупы с увеличением $2^x - 7^x$, а для оценки состояния технических устройств в процессе эксплуатации до 20^x .

Техника измерительного контроля. Измерительный контроль геометрических параметров сварного соединения (размеры элементов сварных швов, взаимное расположение осей или поверхностей деталей, глубина впадин между валиками шва и т. д.) следует производить на участках, указанных в рабочих чертежах, а также там, где соответствие указанных показателей допустимым значениям вызывает сомнение по результатам визуального контроля.

При выполнении лабораторной работы необходимо:

- 1) изучить характерные дефекты сварных швов, образующихся в сварных соединениях и причины их возникновения, оценить роль и степень влияния дефектов на работоспособность сварных изделий;
- 2) на натуральных образцах выявить дефекты и дать заключение о пригодности сварного соединения.

Оснащение участка лабораторной работы:

инструменты – шаблон сварщика;

материалы – коллекция образцов, сваренных различными способами;

справочная литература – справочники, ГОСТы.

4.2 Структура и свойства металла сварного шва и околошовной зоны

В сварном соединении, выполненном сваркой плавлением, обычно выделяют 4 характерных зоны (рисунок 1) металл шва, участок неполного расплавления, зону термического влияния и основной металл, не подвергшийся термическому воздействию.

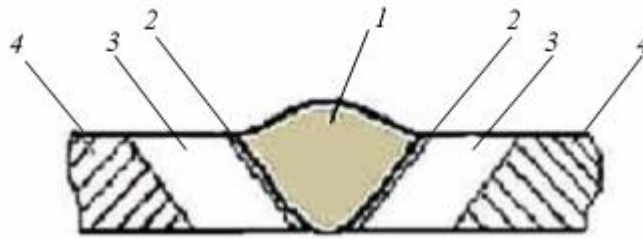


Рисунок 1 – Строение стыкового сварного соединения:

1 - металл шва; 2 – зона сплавления; 3 - зона термического влияния; 4 – основной металл

Разделение сварного соединения на отдельные зоны вызвано тем, что структура, а иногда и свойства металла шва и околошовной зоны после сварки отличаются от свариваемого металла в исходном состоянии.

Особенности структурообразования металла шва при сварке плавлением. При сварке плавлением под воздействием источника теплоты расплавляются кромки основного (свариваемого) металла и электродный металл, подаваемый в сварочную ванну, а также покрытие или флюс. Плавление происходит в зоне сварки – плавильном пространстве, которое перемещается вместе с источником теплоты. Плавильное пространство, или сварочная ванна, условно может быть разделена на две части: головную и хвостовую. В головной части происходит плавление, а в хвостовой – кристаллизация металла и формирование шва.

В отличие от кристаллизации слитка для кристаллизации металла сварочной ванны характерны следующие условия:

- незначительный объем расплавленного металла;
- быстрый локальный нагрев металла источником теплоты и быстрое его охлаждение;
- наличие подвижного температурного поля, создаваемого источником теплоты, вследствие чего средняя скорость кристаллизации в первом приближении равна скорости сварки.

По сравнению с основным металлом сварной шов имеет типичную структуру литого металла, быстро затвердевшего в условиях интенсивного отвода теплоты. Литой металл, как правило, уступает прокатному или ковальному по своим плавучим и вязким свойствам, так как имеет более крупнозернистую структуру. Однако в отличие от слитков сварной шов обычно содержит меньше N_2 , S , P и C , имеет меньшую зональную и внутрикристаллическую ликвации. Кроме того, из-за особенностей первичной кристаллизации металл шва имеет более мелкозернистую структуру. В большинстве случаев сварные швы из малоуглеродистой стали обладают высокими механическими свойствами даже без дополнительной термической обработки. Микроструктура металла шва зависит, главным образом, от условий первичной кристаллизации, которая во многом определяет его свойства.

Переход металла сварочной ванны из жидкого состояния в твердое называется *первичной кристаллизацией*. Процесс затвердевания представляет собой рост кристаллов в результате присоединения к их поверхности атомов из окружающего расплава.

Для большинства сварных швов характерна столбчатая структура.

Размеры столбчатых кристаллов зависят от способов и режимов сварки. Снижение температуры ванны и длительности пребывания металла в жидком состоянии способствует образованию крупных кристаллов.

4.2. Дефекты сварных соединений

Дефектами сварных соединений называют отклонения от установленных норм и технических требований, возникающие в металле шва и зоне термического влияния в процессе образования сварных соединений и приводящие к снижению эксплуатационной надежности сварных конструкций, ухудшению их работоспособности и внешнего вида. Характеристики основных дефектов сварных соединений сформулированы в ГОСТ 30242-97 [1].

По расположению в сварных соединениях дефекты бывают наружные, внутренние и сквозные.

К наружным дефектам относятся изменения формы шва (неодинаковая ширина и высота, наплывы, бугристость, свищи, подрезы, резкие или крутые переходы шва к основному металлу, чрезмерная либо недостаточная высота усиления шва и др.).

К внутренним дефектам сварных швов относятся поры, твердые включения шлака или инородного металла, непровары, внутренние трещины разного рода, макронесплошности и дефекты структуры.

Сквозные несплошности - трубчатые поры, прожоги, трещины, непровары, несплавления, шлаковые пробки и др.

Дефекты сварных соединений приведены на рисунках 2-26.

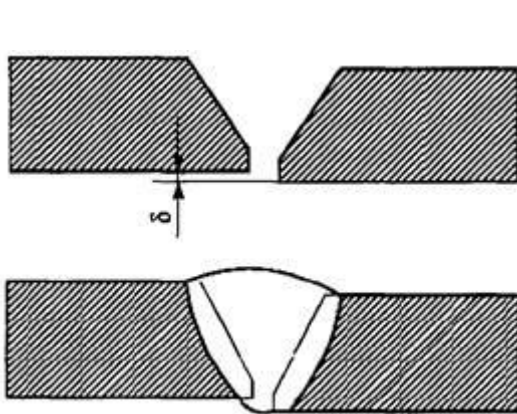


Рисунок 2 - Смещение кромок

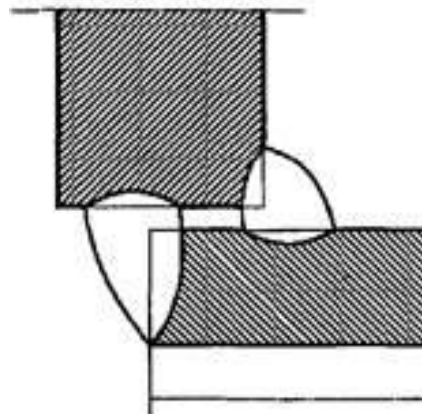


Рисунок 3 - Конструктивный непровар (зазор)

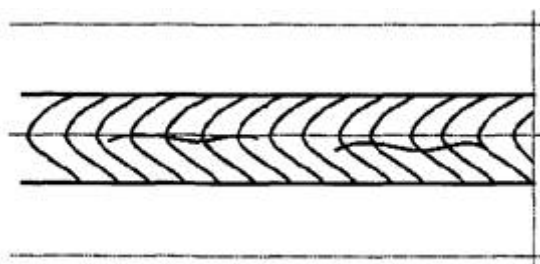


Рисунок 4 – Разветвленная трещина сварного соединения

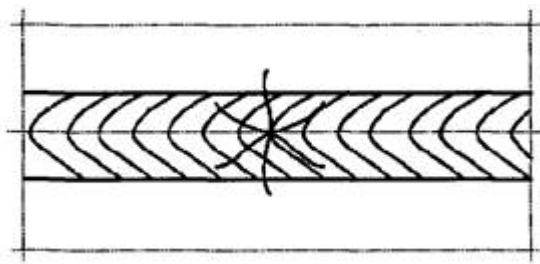


Рисунок 5 - Радиальная трещина сварного соединения

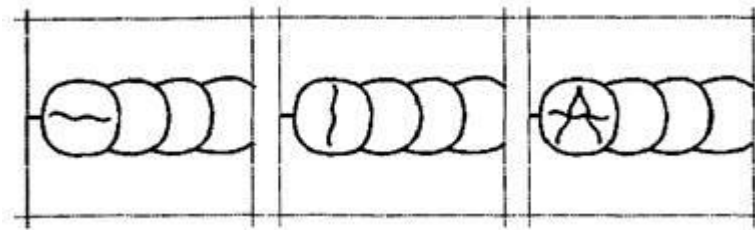


Рисунок 6 - Кратерная трещина сварного соединения

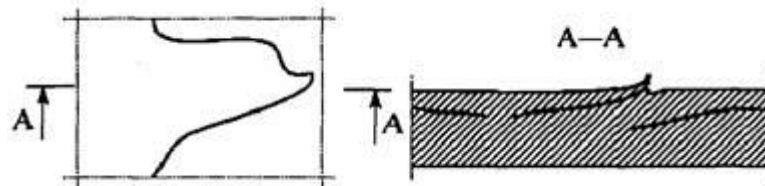


Рисунок 7 - Отслоение

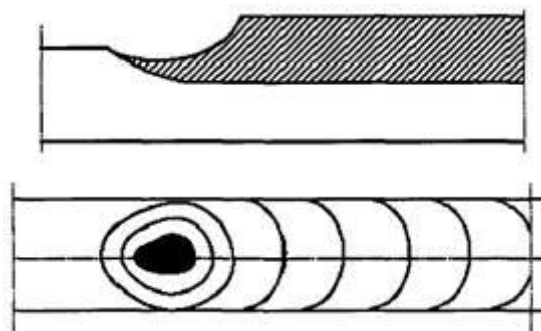


Рисунок 8 - Кратер



Рисунок 9 - Свищ в сварном шве

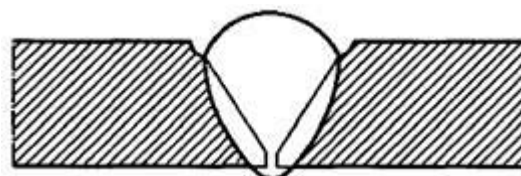


Рисунок 10 - Подрез

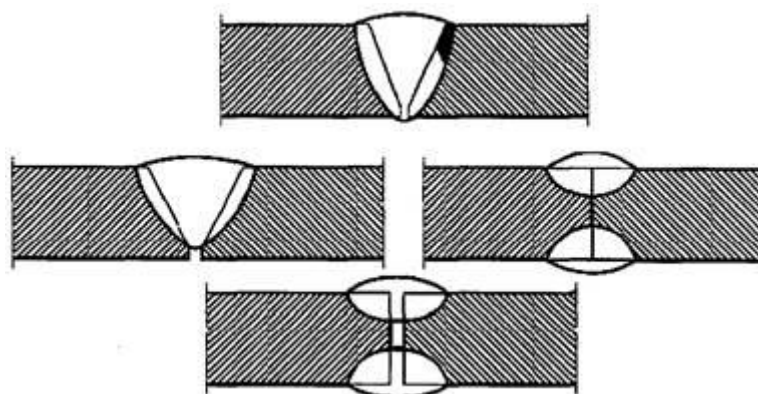


Рисунок 11 - Непровар

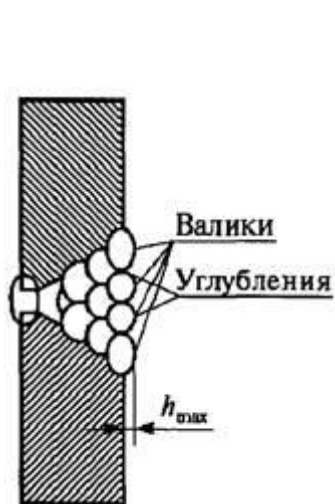


Рисунок 12 - Углубления (западания) между валиками шва

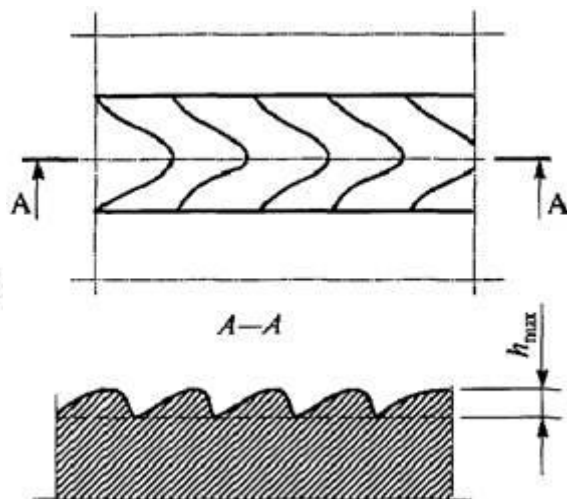


Рисунок 13- Чешуйчатость сварного шва

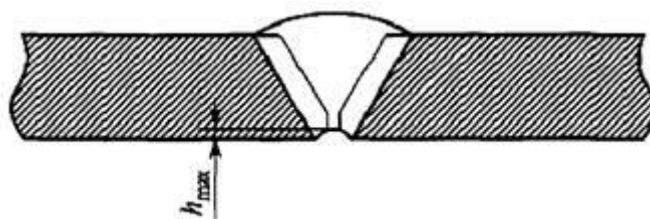


Рисунок 14 - Вогнутость корня шва

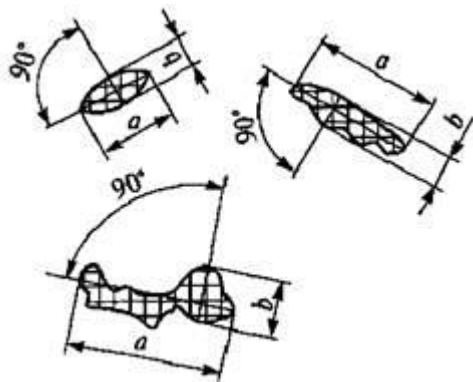


Рисунок 15 - Максимальные размер и ширина включения

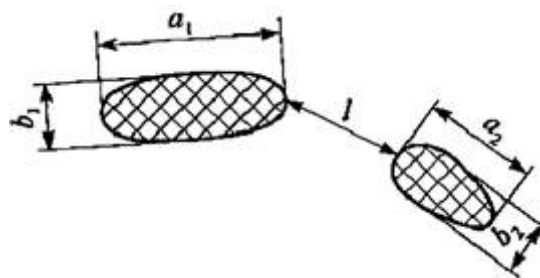


Рисунок 16 - Включение одиночное

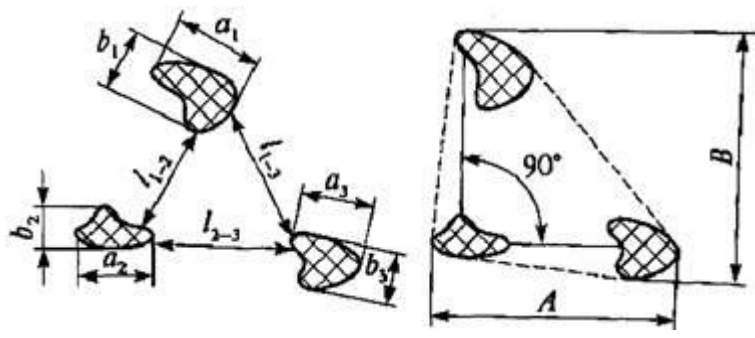


Рисунок 17- Скопление включений

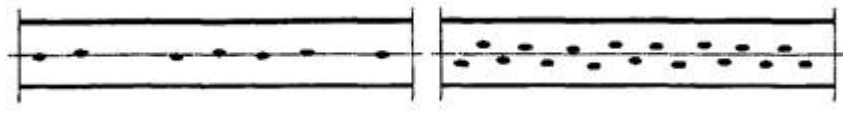


Рисунок 18 - Цепочка пор

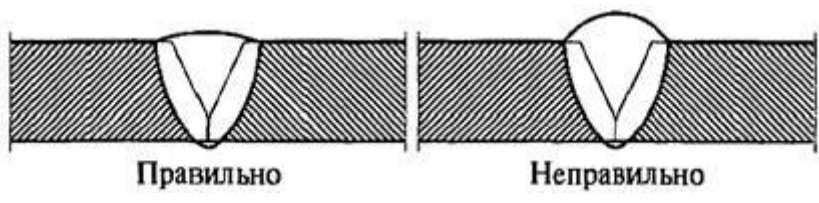


Рисунок 19- Превышение усиления сварного шва

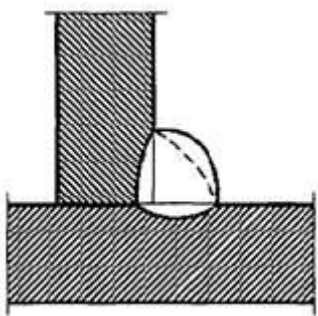


Рисунок 20 - Превышение выпуклости

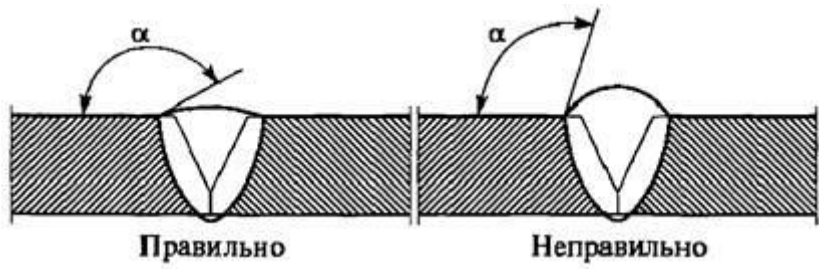


Рисунок 21 - Неправильный профиль сварного шва

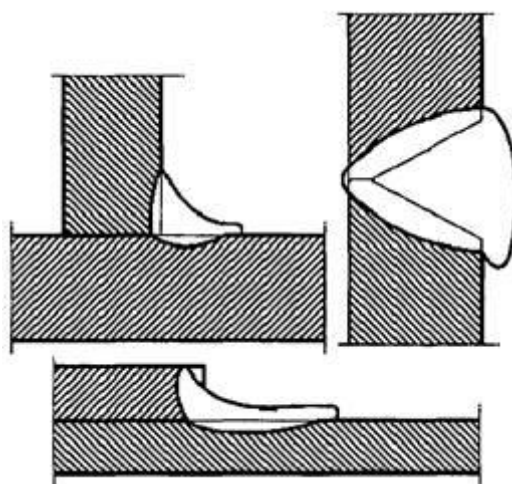


Рисунок 22 – Наплыв

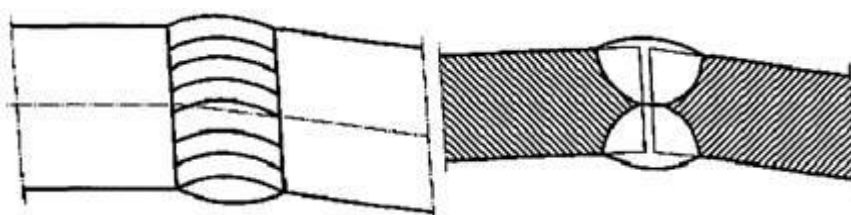


Рисунок 23 - Перелом осей деталей

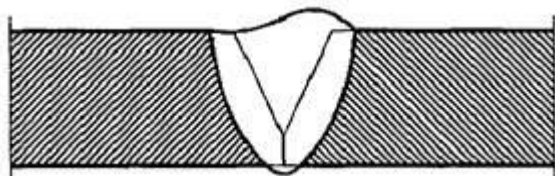


Рисунок 24 - Не полностью заполненная разделка кромок

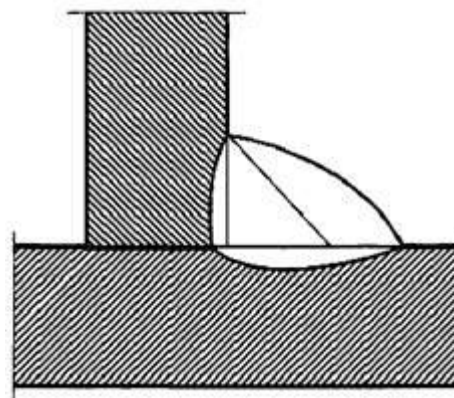


Рисунок 25 - Асимметрия углового шва



Рисунок 26- Плохое возобновление шва

4.4 Измерение форм, размеров зазоров в объектах контроля

Шаблон сварщика – это инструмент, который предназначается для проведения визуального контроля сварных соединений.

Существует много видов шаблонов сварщика, которые отличаются друг от друга, не только конструктивными особенностями, но и выполняемыми функциями. Однако самыми распространенными являются шаблоны УШС-2, УШС-3 и УШС-4, а также УШК-1(шаблон Красовского).

1) Универсальный шаблон сварщика УШС-2 (рисунок 27), называемый, также, катетомером, предназначается для определения катетов угловых сварочных швов в диапазоне от 4 - до 14мм. УШС-2 изготавливается в соответствии с СТБ 1133-98 [1]. При этом катеты сварных швов контролируют методом ступенчатого подбора соответствующего угла катета на УШС-2 от максимального до минимального зазора.



Рисунок 27 - Универсальный шаблон сварщика УШС-2

- 3) Универсальный шаблон сварщика УШС-3 (рисунок 28) предназначается для контроля измеряемых параметров труб и трубопроводов, контроля состояния стыковых соединений торцов труб и трубопроводов, а также визуального контроля качества сварного шва при проведении сварочных работ. УШС-3 применяют, также, перед проведением сварочных работ: для контроля сварочных электродов и элементов разделки под сварной шов.
- 4)



Рисунок 28 - Универсальный шаблон сварщика УШС-3

Используя УШС-3 можно производить следующие контрольные измерения:

- Контроль и измерение размеров сварного шва (рисунок 29), таких, как высота g и ширина l шва, глубина подреза h_n , величина западений между валиками шва ∇_2 и др.

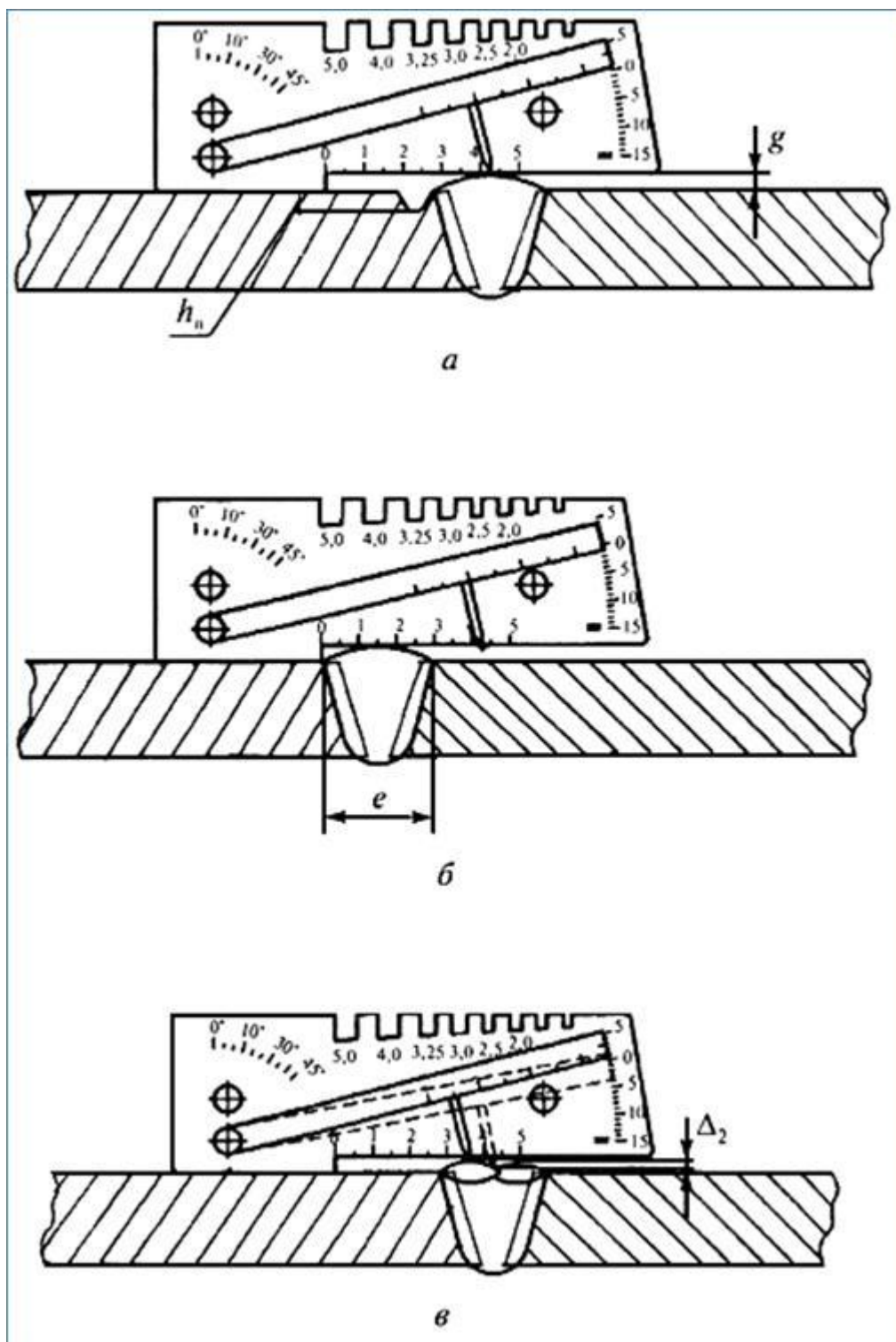


Рисунок 29 - Измерения при помощи УШС-3: а - измерение высоты сварного шва и глубины подреза; б - измерение ширины сварного шва; в - измерение западений между валиками сварных швов

- Измерение смещения (скосов) наружных кромок деталей (рисунок 30).

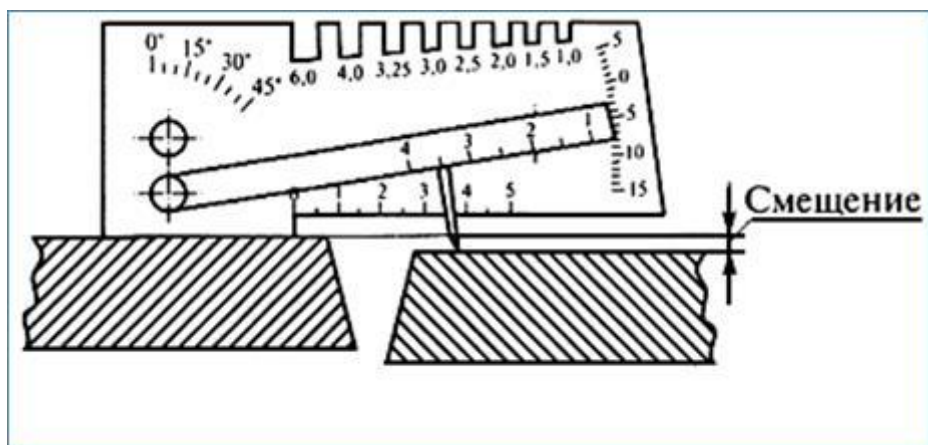


Рисунок 30 - Измерение смещения наружных кромок деталей

- Измерение зазоров в соединениях (рисунок 31);

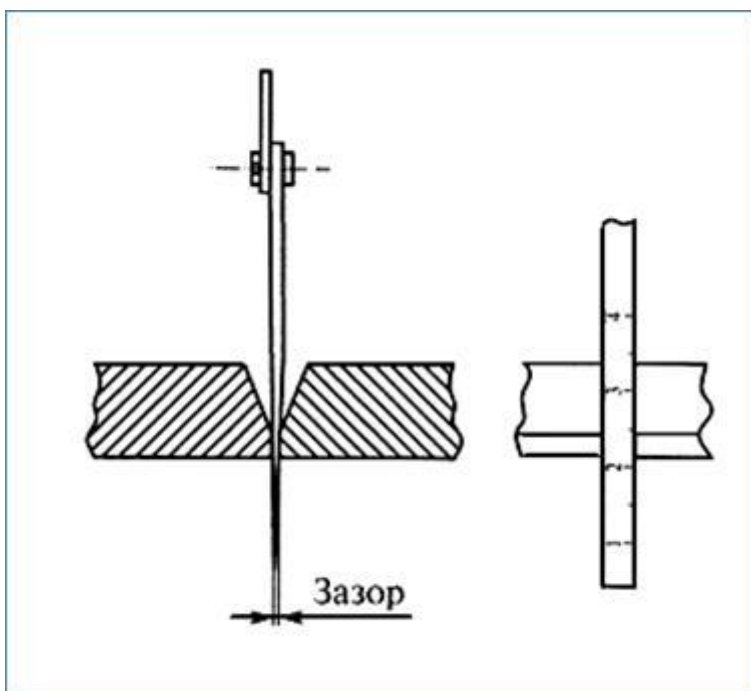


Рисунок 31 - Измерение зазоров в соединениях

- Контроль углов скоса разделки (рисунок 32);

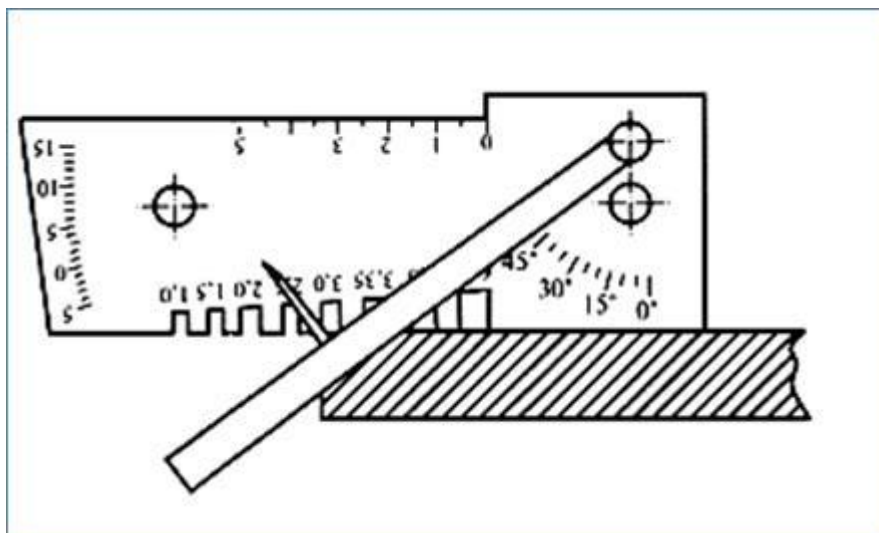


Рисунок 32 - Контроль угла скоса разделки

- Определение диаметров проволоки и сварочных электродов (используя технологические пазы на верхней стороне инструмента).

Измерение ширины шва сварного соединения и притупление кромок можно проводить с помощью шаблона сварщика УШС-3 или штангенциркуля (рисунок 33 и 34).

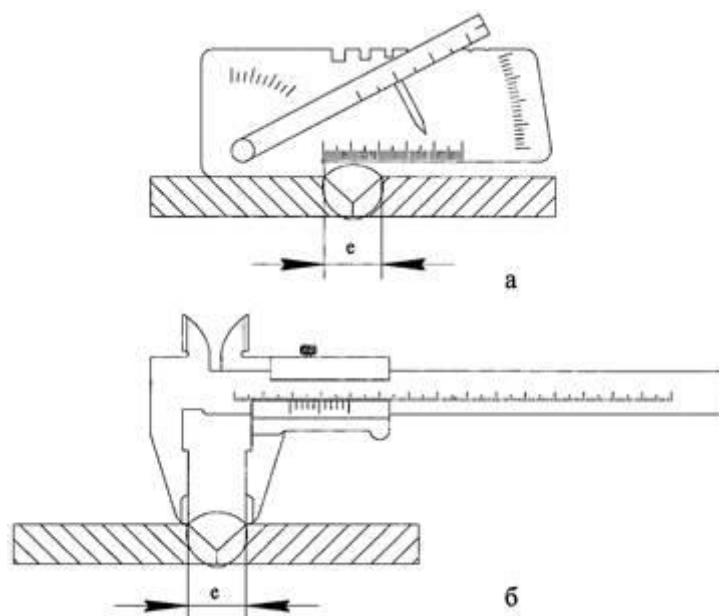


Рисунок 33 - Измерения ширины шва (e) сварного соединения:
 а - измерение с помощью универсального шаблона сварщика УШС-3; б - измерение с помощью штангенциркуля ШЦ-I

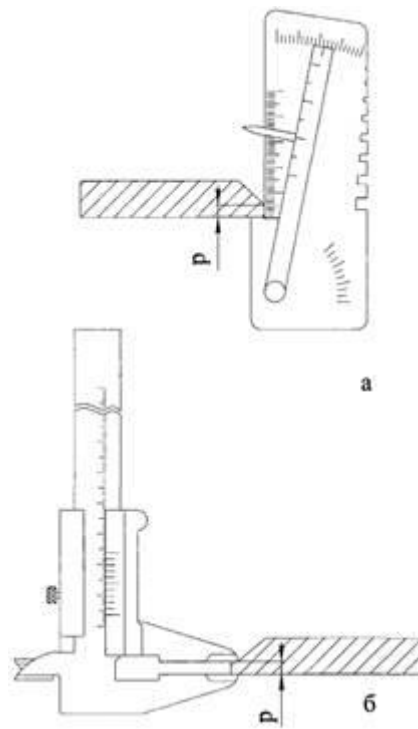


Рисунок 34 - Схема измерений притупления кромок (p):
а - измерение с помощью универсального шаблона сварщика УШС-3; б - измерение с помощью штангенциркуля ШЦ-I

Лабораторная работа № 5 ИЗУЧЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ СВАРКЕ

Цель работы: изучение причин возникновения сварочных деформаций и напряжений; приобретение навыков прогнозирования деформаций сварных конструкций; проектирования изделий с учетом остаточных напряжений и деформаций после сварки.

Оборудование, инструмент и материалы:

1. Полуавтомат сварочный СПАР 20-125М.
2. Сталь прокатная угловая размером 45×45, длиной 1000 мм.
3. Электроды для ручной дуговой сварки сталей УОНИ – 13/45.
4. Штангенциркуль ШЦ 1 ГОСТ 166 -89 , линейка-300 ГОСТ 427-7, поверочная плита.
5. Набор щупов №4 ГОСТ 882-64.

5.1 Исходная информация

3.1.1 Причины возникновения деформаций и напряжений. Основной причиной является неравномерный высокотемпературный нагрев металла.

При сварке конструкций в районе сварного соединения нагретый участок металла по законам физики стремится расширяться по всем направлениям. Однако этому расширению препятствуют смежные не нагретые участки. Сопrotивление последних равносильно приложению к нагретому участку сжимающих усилий. В нём, кроме упругих, развиваются пластические деформации сжатия. Происходит укорочение металла в тех направлениях, по которым имелось препятствие расширению. Металл по объёму остаётся прежним, но перераспределяется в этом же объёме. По своей природе пластические деформации сжатия необратимы. Поэтому после снятия температурной нагрузки (после остывания) они приводят к укорочению волокон металла на участке нагрева.

В период остывания наблюдается обратная картина: укороченные волокна металла стремятся принять свои новые размеры, но этому сопротивляются те же не нагретые участки конструкции. Такое сопротивление при остывании конструкции приводит к появлению в нагретом участке соединения напряжений растяжения, которые также достигают предела текучести и вызывают пластические деформации обратного знака (растяжения). Появившиеся пластические деформации растяжения не могут полностью компенсировать укорочение. Поэтому на участке сварного соединения остаются деформации укорочения и соответствующие им активные напряжения растяжения, вызывая появление уравновешивающих их напряжений сжатия в смежных (не нагретых) участках. При уравновешивании напряжений происходит видимое формoизменение незакреплённой (свободной) конструкции, то есть её деформирование.

5.1.2 Классификация сварочных напряжений. Напряжения, возникающие при сварке, относятся к собственным напряжениям, существующим в сварной конструкции при отсутствии внешних нагрузок. Собственные напряжения разделяют на макро- и микронапряжения. *Макронапряжения* в пределах размера зерна металла изменяются незначительно, имеют определённую ориентацию и уравновешены в пределах конструкции. *Микронапряжения* претерпевают значительные изменения в пределах зерна металла.

Сварочные напряжения бывают *одноосными* (в элементах стержневого типа), *двухосными* (в пластинах и оболочках) и *трёхосными* (в массивных изделиях). Их классифицируют по следующим признакам:

- по времени существования – *временные* (существуют при нагреве и остывании конструкции) и *остаточные* (остающиеся после полного остывания конструкции);
- по направлению действия – *продольные* (параллельные оси сварного шва) и *поперечные* (перпендикулярные оси шва);
- по причине появления – *температурные* (от неравномерного распределения температур), *структурные* (от структурных превращений в металле) и *деформационные* (обусловлены упруго-пластическими деформациями металла);
- по характеру действия – *активные, уравнивающие* (собственно сварочные напряжения), *реактивные* (от действия внешних связей).

5.1.3 Классификация сварочных деформаций. Сварочные деформации, как и напряжения, могут быть *временными* и *остаточными, продольными* и *поперечными*. *Временные* напряжения наблюдаются только в процессе сварки при изменении температуры и, как правило, исчезают после охлаждения изделия. *Остаточные* напряжения остаются в сварной конструкции после окончания сварки, ее полного остывания и снятия закрепляющих нагрузок. Величина и характер деформаций в основном определяются толщиной и свойствами основного металла, режимом сварки, формой шва и конструктивными особенностями свариваемых деталей.

5.2 Международное обозначение методов сварки

Сварка **ММА** – (Международное обозначение **ММА –Manual Metal Arc**) - *ручная дуговая сварка штучными электродами с покрытием* – сварочная дуга горит между электродом с покрытием и изделием, оплавляя кромки свариваемых деталей и расплавляя металлический стержень электрода и его покрытие (рисунок 1). При остывании (кристаллизации) расплавленного металла образуется неразъемное соединение-сварной шов. Применяется для сварки углеродистых и нержавеющей сталей. Углеродистые стали могут свариваться на переменном (AC) и постоянном (DC) токе, нержавеющей стали - только на постоянном токе.

TIG - ручная сварка неплавящимися вольфрамовыми электродами в среде защитного газа – аргона (рисунок 2). Метод TIG на постоянном токе (TIG-DC) применяют для сталей, метод TIG на переменном токе (TIG-AC) - для алюминиевых сплавов.



Рисунок 1 – Ручная дуговая сварка штучным электродом

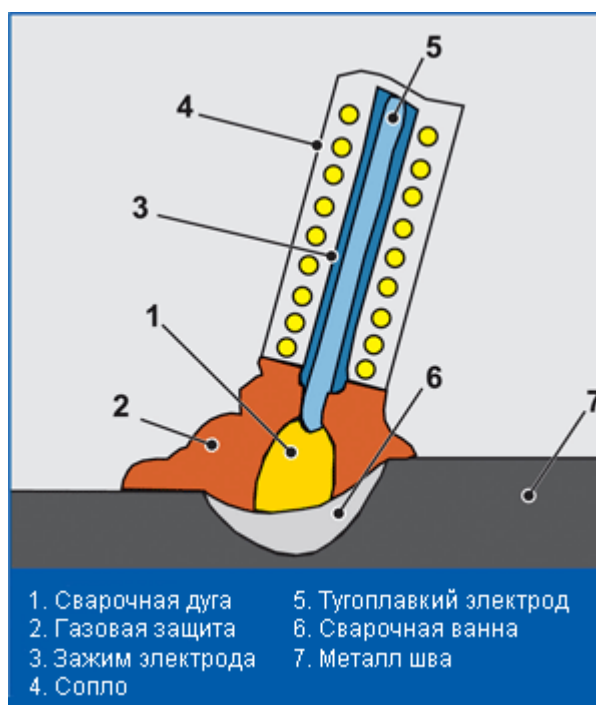


Рисунок 2 – Ручная сварка неплавящимися вольфрамовыми электродами в среде защитного газа - аргона

Таблица 1 – Методы сварки их преимущества и недостатки

Метод сварки	Преимущества	Недостатки
Сварка ММА - <i>ручная дуговая сварка штучными электродами с покрытием</i>	+ Простота и доступность процесса сварки – «легкий старт» для новичка + Высокая экономичность + Сварка в любой плоскости + Отсутствие газовых баллонов	- Небольшая производительность; - Необходимость удаления шлака с деталей
MIG - <i>полуавтоматическая сварка в среде инертного защитного газа (Ar, He) или их смесях</i> MAG - <i>полуавтоматическая сварка в среде активного защитного газа (CO₂ 100%)</i>	Сварка MIG-MAG (с газом) + Высокая производительность + Отсутствие шлака + Малое количество дыма Сварка порошковой проволокой + Всегда готово к использованию + Отсутствие газовых баллонов + Идеально для использования на открытом воздухе	<i>Сварка с газом:</i> - Наличие газового баллона - Ограниченное использование на открытом воздухе <i>Сварка порошковой проволокой:</i> - Необходимость удаления шлаков - Высокая стоимость порошковой проволоки
Сварка TIG - <i>ручная сварка неплавящимися вольфрамовыми электродами в среде защитного газа – аргона</i>	+ Аккуратный сварной шов + Отсутствие брызг + Сварка деталей небольшой толщины + Легкое управление параметрами дуги	- Большие требования к опыту оператора - Низкая производительность - Наличие газового баллона

MIG/MAG - полуавтоматическая сварка электродной проволокой в среде защитного газа - инертного (аргона) или активного (углекислого газа), рисунок 3.

MIG – Metal Inert Gas – *полуавтоматическая сварка в среде инертного защитного газа (Ar, He) или их смесях.*

MAG - Metal Activ Gas – *полуавтоматическая сварка в среде активного защитного газа (CO₂ 100%).*

Применяется для сварки сталей (в том числе нержавеющей) и алюминиевых сплавов.

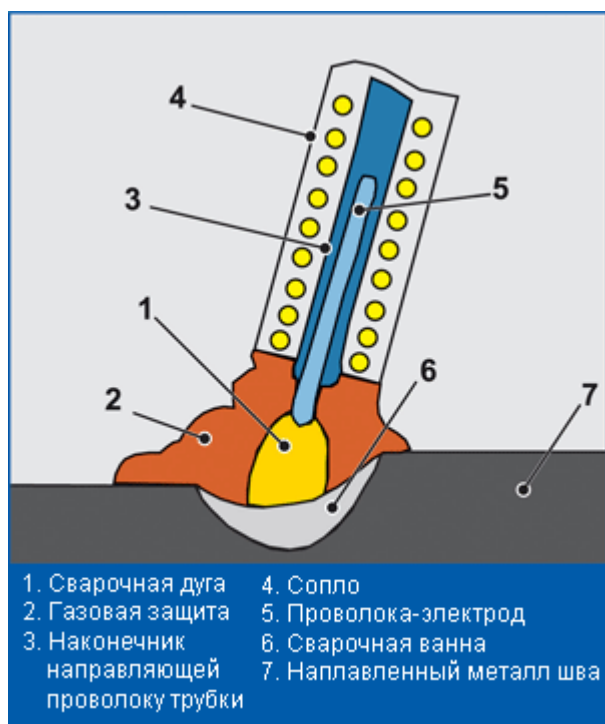


Рисунок 3 - Полуавтоматическая сварка электродной проволокой в среде защитного газа - инертного (аргона) или активного (углекислого газа)

5.3 Подготовка к работе

Самостоятельно до начала занятий изучить по литературе [1,2] сущность основных видов сварки плавлением, применяемые сварочные материалы и оборудование, обозначения сварных соединений на сборочных чертежах.

Изображения и обозначения швов сварных соединений на чертежах изделий должны соответствовать ГОСТ 2.312 «Изображения швов сварных соединений». Независимо от вида сварки видимый шов сварного соединения условно изображают сплошной основной линией, а невидимый - штриховой. Обозначение шва отмечают линией-выноской, заканчивающейся односторонней стрелкой. Характеристика шва проставляется над полкой линии-выноски (для лицевой стороны шва). Общая структура обозначения швов сварных соединений, выполняемых сваркой плавлением, показана на рисунке 4. Обозначение сварного шва на чертеже приведено на рисунке 5.

Наиболее употребляемые типы и конструктивные элементы сварных соединений для сталей, выполняемых ручной дуговой сваркой по ГОСТ 5264 приведены в таблице 2, а вспомогательные знаки для обозначения сварных швов в таблице 3.

Все элементы условного обозначения (рисунок 4) располагаются в указанной последовательности и отделяются друг от друга дефисом. Буквенные обозначения способа сварки необходимо проставлять на чертеже только в случае применения в данном изделии нескольких видов сварки, например: П - механизированная дуговая, У - дуговая в углекислом газе и др. Ручная дуговая сварка не имеет буквенного обозначения. Можно не указывать на полке линии - выноски обозначения стандарта, если все швы в изделии выполняются по одному стандарту. В этом случае следует сделать соответствующие указания в примечаниях на чертеже.

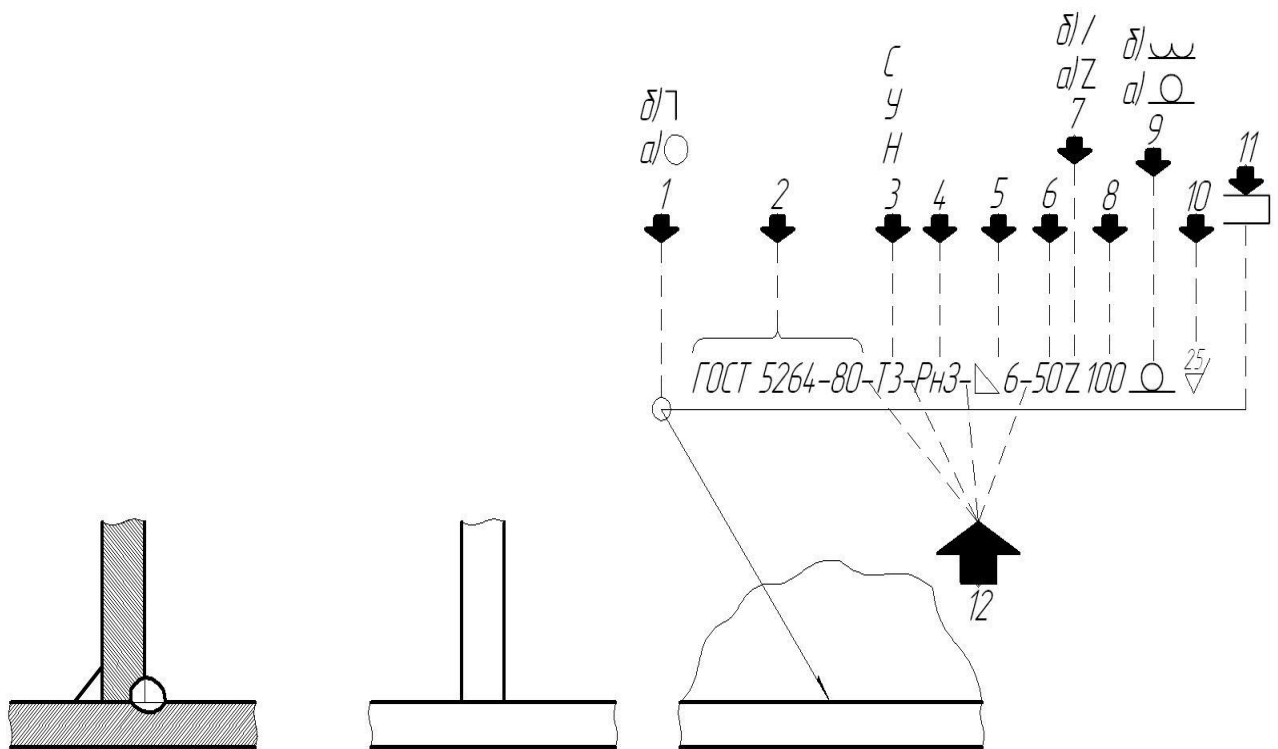


Рисунок 4- Структура обозначения шва сварного соединения (сварка плавлением):

1-место для вспомогательного знака шва по замкнутой линии (а) или знака монтажного шва (б); 2- обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов; 3- буквенно-цифровое обозначение шва по тому же стандарту; 4-условное обозначение способа сварки по тому же стандарту (допускается не указывать); 5 - знак катета и размер катета по тому же стандарту; 6-размер длины привариваемого участка (только для прерывистого шва); 7-место для знака, обозначающего шахматное (а) или цепное (б) расположение прерывистых швов; 8-размер шага; 9-место для знака, обозначающего, что усиление шва снять (а) или обработать наплывы и неровности шва с плавным переходом к основному металлу (б); 10 -обозначение шероховатости поверхности шва (для обрабатываемых швов); 11-место для вспомогательного знака или швов по незамкнутой линии (знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа и когда отсутствует знак для швов по замкнутой линии); 12-знак «дефис».

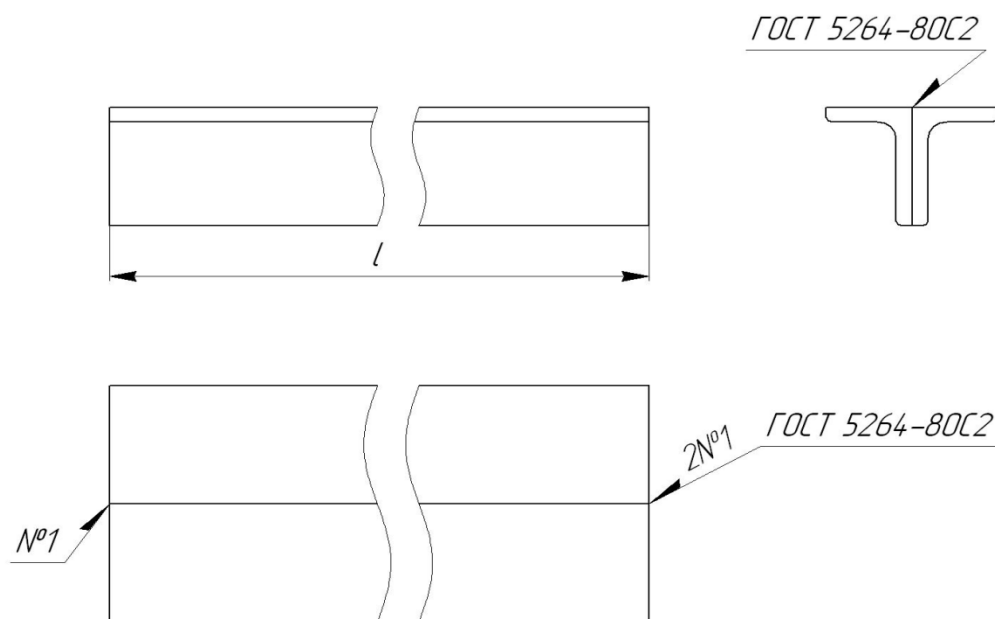


Рисунок 5- Тавровая балка

Если контрактом, стандартом или техническими условиями на продукцию оговорено обозначение сварных соединений на чертежах по международным или европейским стандартам, то условные изображения и обозначения сварных швов выполняются по СТБ ИСО 2553-2004.

Символьные обозначения швов по СТБ ИСО 2553-2004 предусматривают указание основных геометрических параметров швов: толщины, протяженности, характерных линейных размеров и пр. Так же предусмотрена возможность указания на швах дополнительных сведений, касающихся используемой технологии сварки, группы качества изделия, положения сварки, используемых присадочных материалов. Основные графические знаки приведены в таблице 4.

Таблица 2 – Основные типы соединений, форма поперечного сечения подготовленных кромок и сварных швов

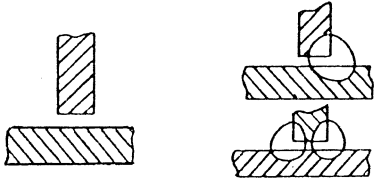
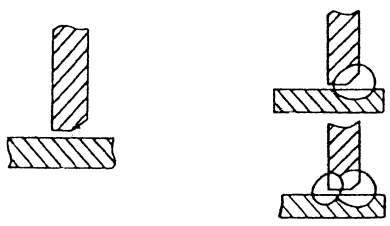
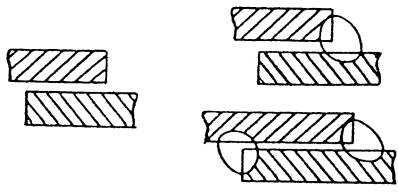
Тип соединения, характер шва	Форма кромок	Форма поперечного сечения кромок и шва	Толщина свариваемых деталей, мм	Условное обозначение соединения
Тавровое: односторонний двусторонний	Без скоса кромок		2-15 2-40	T1 T3
Тавровое: односторонний двусторонний	Со скосом кромок		2-20 3-60	T6 T7
Нахлесточное: односторонний двусторонний	Без скоса кромок		2-60	H1 H2

Таблица 3- Вспомогательные знаки для условного обозначения сварных швов (по ГОСТ 2.312-72)

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно линии выноски	
		с лицевой стороны	с обратной стороны
	Усиление шва Снять		
	Наплыв и неравномерность шва обработать с плавным переходом к основному металлу		


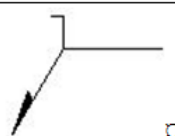

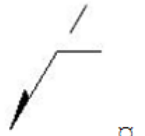



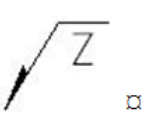
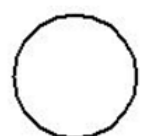
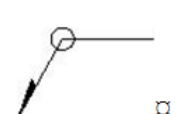
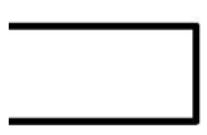
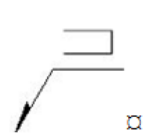
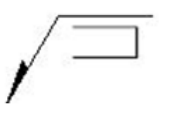






















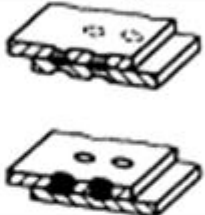

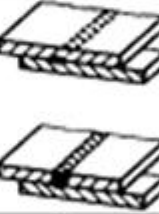









	Шов выполнить при монтаже изделия		
	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением (1)		
	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением (2)		
	Шов по замкнутой линии		
	Шов по незамкнутой линии		

Таблица 4 – Основные условные графические знаки

Номер	Тип шва (соединения)	Эскиз	Условный графический знак
1	2	3	4
1	Стыковой шве по отбортовке ¹ ; отбортованный шве (США); (отбортовка полностью расплавляется до плоскости соединяемых пластин)		
2	Стыковой шве без скоса кромок (<i>I-шве</i>)		
3	Стыковой шве с V-образным скосом двух кромок (<i>V-шве</i>)		
4	Стыковой шве со скосом одной кромки (<i>HV-шве</i>)		
5	Стыковой шве с V-образным скосом двух кромок с увеличенным притуплением (<i>Y-шве</i>)		
6	Стыковой шве со скосом одной кромки с увеличенным притуплением (<i>h-шве</i>)		

1	2	3	4
7	Стыковой шов с U-образным скосом двух кромок (ступенчатым или криволинейным) (<i>U-шов</i>)		
8	Стыковой шов с J-образным скосом одной кромки (криволинейным или ломаным) (<i>HU-шов, J-шов</i>)		
9	Подварочный шов; подкладка под шов или заварка корня шва (США)		
10	Угловой шов		
11	Электрозаклепочный шов (через отверстия в верхней детали); пробочный или прорезной шов (США)		
12	Точечный шов		
13	Шовная сварка		
14	Стыковой шов с V-образным крутым скосом двух кромок на остающейся подкладке		
15	Стыковой шов с крутым скосом одной кромки на остающейся подкладке		
16	Шов торцевого соединения		
17	Наплавка поверхности		

Способ сварки обозначается цифрами в соответствии с ISO 4063-2009:

- 111 — ручная дуговая сварка плавящимся покрытым электродом; MMA;
- 131 — дуговая сварка в инертном газе плавящимся электродом; MIG;
- 135 — дуговая сварка в активном газе плавящимся электродом; MAG;
- 136 — дуговая сварка в активном газе порошковой проволокой;
- 137 — дуговая сварка в инертном газе порошковой проволокой;

- 141 — дуговая сварка в инертном газе неплавящимся вольфрамовым электродом; TIG.

Пример обозначения шва по СТБ ISO 2553-2004: (рисунок 6) *a* — сварной шов с V-образной разделкой кромок, с подварочным проходом, выполненный ручной дуговой сваркой покрытым электродом (индекс процесса сварки 111 в соответствии с ИСО 4063-2009), уровень качества в соответствии с ИСО 5817-2007, положение при сварке PA в соответствии с ИСО 6947-2011, покрытый электрод в соответствии с ИСО 2560-E 51 2 RR 22.

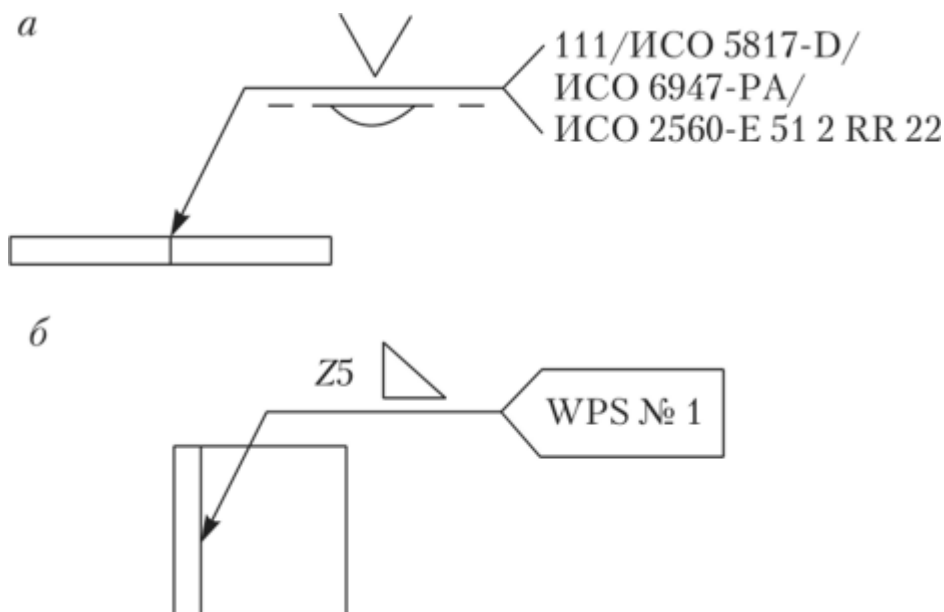


Рисунок 6 - Варианты обозначения сварного шва по СТБ ISO 2553-2004:

a — стыковой шов; *b* — угловой шов

На четвертой позиции, после вилки, вместо стандартов может быть указан номер технологической инструкции WPS, которая прилагается к чертежу, со всей необходимой информацией о выполнении данного сварного шва.

5.4 Порядок выполнения работы

1. Под руководством учебного мастера произвести сварку тавровой балки согласно чертежа (рисунок 5). Сначала выполняют сварные швы по торцам балки, а затем продольный шов. При этом визуально через защитные щитки наблюдают изменение формы балки в процессе сварки.

2. После охлаждения балки, используя поверочную плиту и штангенциркуль, измерить прогиб балки f_i через каждые 100 мм по всей длине, а также максимальный зазор между полками с противоположной относительно сварного шва стороны. Результаты замеры занести в таблицу 5.

3. Построить график изменения прогиба балки f_i по длине l .

4. Проанализировать причины сварочных деформаций и отразить их в отчете

5. Произвести оценку продольных остаточных напряжений в предположе

нии, что полученный прогиб и соответствующие напряжения можно вызвать внешним поперечным усилием. Используя расчетные формулы из сопротивления материалов, получим

$$\sigma_{сж\ max} = \frac{24E f_{max} z_0}{l^2},$$

где $\sigma_{сж\ max}$ - сжимающие продольные напряжения в полке тавровой балки, МПа;

E – модуль упругости материала (для стали $E = 2 \times 10^5$ МПа);

f_{max} – наибольший прогиб балки, мм;

l – длина балки, мм;

z_0 – расстояние от нейтрального слоя до верхней границы поперечного сечения, мм (для тавровой балки из двух уголков с высотой полки 45 мм $z_0=13$ мм).

Примечание: такое определение остаточных напряжений является сугубо ориентировочным, позволяет оценить лишь порядок напряжения, так как деформация в данном случае не упругая, а пластическая.

Противоположные участки балки будут испытывать после сварки растягивающие напряжения. Уменьшить величину остаточных напряжений можно путем отжига сварной конструкции, но при этом произойдут дополнительные пластические деформации и форма балки будет вновь отличаться.

6. Сравнить величину остаточных напряжений с пределом текучести материала (для стали Ст.3 $\sigma_{0,2} = 250$ МПа).
7. Изучить основные приемы [1, 3] уменьшения сварочных деформаций и предложить технологию производства сварной тавровой балки с меньшим прогибом.
8. Оформить отчет и сделать выводы по работе о средней величине остаточного прогиба балки на каждые 100 мм длины, о величине остаточных напряжений по сравнению с пределом текучести материала (%) и путях уменьшения остаточных напряжений и деформаций.

Таблица 5 - Результаты замера балки и зазора между полками

№ п. п.	Длина балки	Результаты замера, мм	
		Прогиб балки f_i	Зазор между полками с противоположной относительно сварного шва
1	100		
2	200		
3	300		
4	400		
5	500		
6	600		
7	700		
8	800		
9	900		

5.5 Оформление и содержание отчёта:

В отчёте по данной работе необходимо отразить:

- 1) наименование и цель работы, применяемое оборудование и материалы;
- 2) приведите таблицу 5 с полученными результатами замера прогиба балки и зазора между полками;
- 3) расчёты по оценке продольных остаточных напряжений в балке;
- 4) рисунок 5 тавровой балки;
- 5) график изменения прогиба балки f_i по длине l ;
- 6) таблица 3 - Вспомогательные знаки для условного обозначения сварных швов;
- 7) сформулируйте выводы по результатам работы.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите причины возникновения деформаций и напряжений в сварных соединениях.
- 2 Приведите принятую международную аббревиатуру для обозначения ручной дуговой сварки штучным электродом.
- 3 Приведите принятую международную аббревиатуру дуговой сварки плавящимся электродом (проволокой) в среде инертного / активного защитного газа с автоматической подачей присадочной проволоки.
- 4 Приведите принятую международную аббревиатуру дуговой сварки неплавящимся электродом в среде инертного газа.

Литература

- 1 Лупачев В.Г. Сварочные работы : Учеб, пособие. - Мн.: Выш. шк., 1997.-320с.
- 2 Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки. - М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 1997. -320 с.
- 3 Куркин С.А., Николаев Г.А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве. М.: Высш. шк., 1991. - 398 с.
- 4 ГОСТ 2.312-72 Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.
- 5 СТБ ИСО 2553-2004 Соединения сварные и паяные. Условные изображения и обозначения на чертежах.

Лабораторная работа № 6 ИЗУЧЕНИЕ ИЗНОСА И ДЕФОРМАЦИИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЕЙ СДМ И ПТМ

Цель работы: определение возможных видов дефектов коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) СДМ и ПТМ после эксплуатации, изучение характера износа их шеек и определение прогиба вала.

Оборудование и инструменты: верстак слесарный, призмы, измерительный инструмент – микрометр МК 50 (приборы) с учетом допустимых погрешностей измерения и размеров шеек вала, индикатор с цифровым отсчетным устройством ИЧЦ-12,5, штатив магнитный для измерительных головок WCE-D, обтирочный материал, мел.

Коленчатый вал является одной из основных деталей ДВС. Ресурс коленчатого вала характеризуется усталостной прочностью и износостойкостью. Коленчатый вал при работе воспринимает значительные по величине и переменные по направлению нагрузки, которые вызываются инерционными силами и действием газов от топливовоздушной смеси. Это вызывает износ шеек, скручивание, изгиб и поломку коленчатого вала. Основными требованиями, предъявляемыми к коленчатому валу, являются жесткость, износостойкость, сопротивление усталости, коррозионная стойкость и технологичность.

В процессе эксплуатации у коленчатых валов возникает много дефектов, основные из которых приведены в таблице 1. При нормальных условиях эксплуатации основной дефект - износ шеек вала. Величина износа шеек коленчатого вала зависит от многих причин:

- а) нагрузки на двигатель;
- б) качества топлива и смазки;
- в) режима и условий эксплуатации.

Шатунные шейки всех валов ДВС изнашиваются по окружности неравномерно, принимая овальную форму. Практика эксплуатации коленчатых валов показывает, что наиболее изнашивается шатунная шейка всегда со стороны, обращенной к оси коренных шеек, а наименее - на боковой стороне шейки коленчатого вала.

Типичный характер износа шатунных шеек и подшипников коленчатых валов ДВС представлен на рисунке 1.

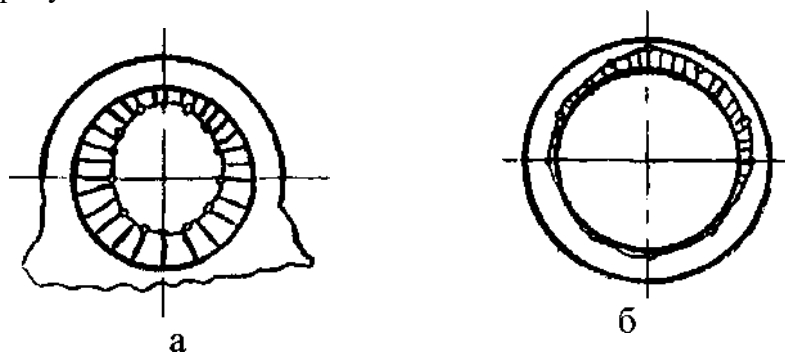


Рисунок 1 - Типичный характер износа шатунной шейки и ее подшипника:
а - шатунная шейка; б - шатунный подшипник

Величина овальности шеек при износах средней величины не превышает 50 мкм, при больших износах достигает 100 мкм, причем овальность тем больше, чем сильнее изношены шейки. Шатунные шейки большинства (но не всех) двигателей имеют также неравномерный износ и по длине (конусность). Коренные шейки коленчатых валов при работе также изнашиваются по окружности неравномерно.

Таблица 1 - Основные дефекты коленчатых валов и способы их устранения [1]

№	Наименование дефекта	Коэф-фициент повто-ряемости	Основные способы устранения
1	<i>Износ коренных и шатунных шеек, овальность, конусность</i>	1	<i>Шлифование под ремонтный размер; нанесение покрытий электродуговой наплавкой, газотермическим напылением порошковых материалов; постановка полуколец</i>
2	<i>Износ посадочных мест под распределительную шестерню, шкив и маховик</i>	0,05 – 0,19	<i>Наплавка, электроконтактная приварка ленты, металлизация</i>
3	<i>Износ маслосгонной резьбы</i>	0,1	<i>Углубление резьбы до номинального профиля</i>
4	<i>Износ поверхности фланца под маховик</i>	0,1	<i>Наплавка, металлизация</i>
5	<i>Износ шпоночных канавок</i>	0,05-0,19	<i>Фрезерование под увеличенный размер шпонок; заварка с последующим фрезерованием шпоночной канавки</i>
6	<i>Износ посадочного места под шарикоподшипник на торце вала</i>	0,43	<i>Растачивание посадочного места и запрессовка втулки с последующим растачиванием</i>
7	<i>Износ резьбы</i>	0,02-0,08	<i>Расверливание или зенкерование с последующим нарезанием резьбы</i>
8	<i>Скручивание вала</i>	0,1-1,0	<i>Шлифование шеек под ремонтный размер; нанесение покрытий электродуговой наплавкой, газотермическим напылением порошковых материалов</i>
9	<i>Торцевое биение фланца маховика</i>	1,0	<i>Торцевое биение фланца маховика</i>

10	Изгиб вала	до 0,2 мм	<i>Шлифование под ремонтный размер</i>
		до 1,2 мм	<i>Правка под прессом или чеканка шеек</i>
11	<i>Трещины на шейках вала</i>	0,1	<i>Шлифование под ремонтный размер; разделка трещин с помощью абразивного инструмента с последующей заваркой</i>

Неравномерность износа шеек коленчатого вала (коренных и шатунных) - крайне нежелательное явление, так как приводит к нарушению режима смазки и повышению износа сопряжения "вал-подшипник". Причины износа вообще и неравномерного износа любой детали двигателя в частности, связаны с кинематикой механизма, конструкцией и характером работы детали. Неравномерность износа шеек коленчатого вала (особенно шатунных шеек) по окружности вызывается неравномерностью удельной нагрузки па них.

В двигателе при вспышке рабочей смеси на шатунную шейку передается максимальная сила. Однако по времени действия эта сила кратковременна, поэтому на износ шейки она оказывает меньшее влияние, чем силы инерции, которые по величине меньше, но действуют на шейку постоянно в течение всего цикла работы (2 оборота коленчатого вала). Неравномерный износ шатунных шеек коленчатого вала объясняется неодинаковыми условиями смазки шейки по ее длине.

Масло в двигателе содержит значительное количество различных частиц металла, кокса, пыли, обладающих высокой твердостью. Подача масла от коренного подшипника к шатунному происходит по наклонному каналу. Имеющиеся в масле твердые частицы (в первую очередь наиболее крупные) под действием центробежной силы отбрасываются к верхней части канала. При выходе из канала сосредоточенные у верхней кромки частицы увлекаются потоком масла в сторону, противоположную направлению наклона канала, и распространяются по окружности шейки и подшипника в этой зоне (рисунок 2, левая часть шейки), вызывая повышенный износ данного пояса шейки. Кроме того, крупные твердые частицы внедряются в поверхностный слой вкладыша и затем постоянно царапают и изнашивают шейку: против места выхода на поверхность шейки верхней кромки наклонного канала на вкладыше образуется бугорок от вкрапленных в него частиц, который вырабатывает на шейке кольцевую канавку.

Противоположная часть шейки, расположенная в направлении наклона канала (рисунок 2, правая часть шейки), смазывается относительно чистым маслом, свободным от крупных твердых частиц, и поэтому изнашивается меньше. Конусная форма износа коренных и шатунных шеек характерна для всех двигателей, имеющих наклонные масляные каналы в коленчатых валах, независимо от других конструктивных факторов.

Для уменьшения величины износа и неравномерности изнашивания

шатунных шеек в конструкции коленчатых валов некоторых двигателей предусмотрены специальные устройства для дополнительной очистки масла, поступающего из коренного подшипника в шатунный - это так называемые центробежные уловители механических частиц.

Трещины на шейках коленчатых валов являются одной из причин их выбраковки. Коленчатые валы могут выбраковываться со следующими трещинами: на галтелях коренных и шатунных шеек;

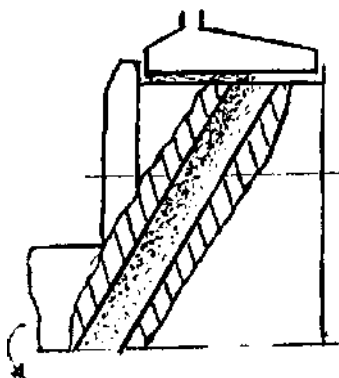


Рисунок 2 – Схема полдачи масла к шатунной шейке

Способы ремонта коленчатого вала

При работе коленчатого вала вследствие износа коренных и шатунных шеек, а также износа самих подшипников, нарушается первоначальный зазор в сопряжении «подшипник-шейка вала».

Нарушение первоначального зазора в сопряжении, в конечном счете, ведет к появлению стуков и падению давления в системе смазки двигателя. Резкое падение давления в системе смазки, в свою очередь, может вызвать катастрофический износ шеек коленчатого вала и расплавление подшипников.

Восстановить нормальную работу сопряжения можно либо путем уменьшения диаметра шейки вала и постановки уменьшенного по внутреннему размеру вкладыша, либо путем наращивания шейки до номинального размера металлом, работоспособность которого равна работоспособности металла вала.

Наиболее широкое распространение в ремонтной практике получили способы ремонта изношенных коренных и шатунных шеек перешлифовкой под ремонтный размер (таблица 1). Коренные и шатунные шейки при ремонте шлифуют до выведения овальности и конусности по наиболее изношенной шейке на один размер для всех одноименных шеек. Вкладыши подбирают в зависимости от диаметра шеек коленчатого вала.

Величина овальности Δ_{AA} определяется как полуразность диаметров в поперечном сечении:

$$\Delta_{AA} = (D_{A-\dot{A}} - D_{\dot{A}-A}) / 2 \quad (1)$$

где D_{A-A} и $D_{\dot{A}-\dot{A}}$ – диаметры шейки в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, мм.

Ремонтный размер коренной (шатунной) шейки определяется по формуле:

$$D_p = D_{MIN} - Z, \quad (2)$$

где D_{MIN} – минимальный диаметр коренной (шатунной) шейки, мм;

Z – припуск на обработку ($Z = 0,08 - 0,10$ мм).

Затем по таблице 2 выбирают ближайшее меньшее значение ремонтного размера.

Методика эксперимента

2.1. Определение овальности шеек коленчатого вала

Для определения овальности и конусности шейки коленчатого вала необходимо измерить шейку в нескольких сечениях (рисунок 3) I - I (1-й пояс) и II - II (2-й пояс), отстоящих от галтелей на расстоянии 8-10 мм. В каждом поясе шейки измеряют в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях: плоскость А - А, параллельная плоскости колена, и плоскость Б - Б, перпендикулярная плоскости колена. Для коренных шеек плоскость А - А находится в плоскости шпоночной канавки, а плоскость Б - Б перпендикулярна ей. Основные технические характеристики некоторых коленчатых валов СДМ представлены в таблице 2.

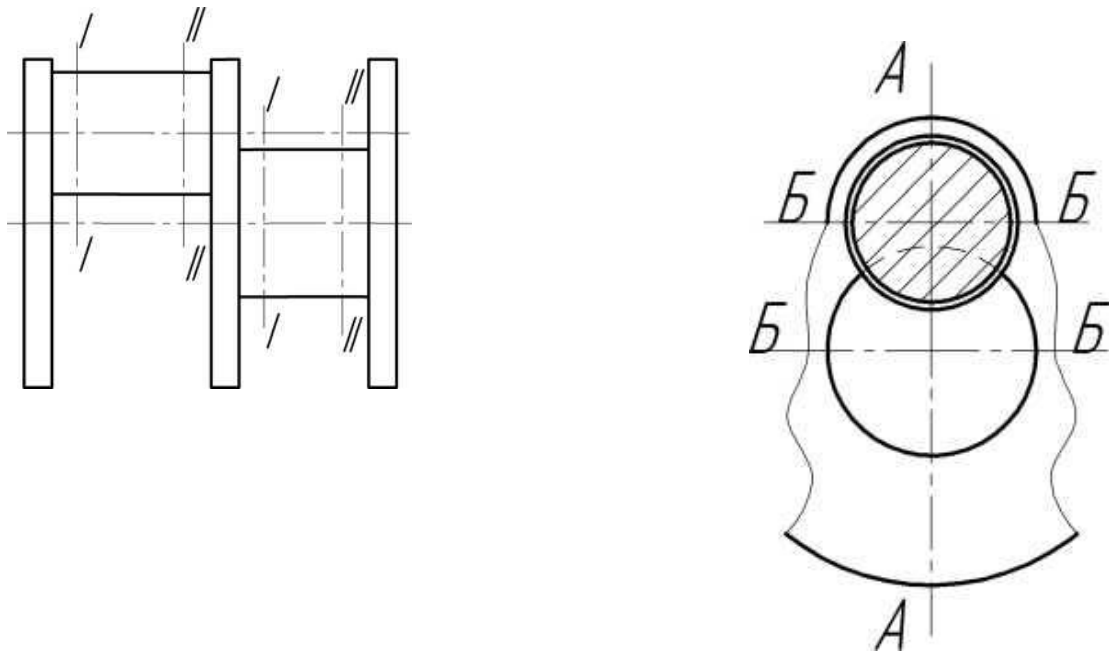


Рисунок 3 – Места измерения шеек коленчатого вала

Таблица 2- Основные характеристики коленчатых валов

Параметры	Марка двигателя (машины)			
	ГАЗ-52	Д-240...Д248	Д-260	Д-245.12
Материал вала				Сталь 40Х2АФЕ
Твердость шеек				HRC ₃ 56...63
Допустимые овальность и конусность		0,01		
Размеры коренных шеек	64,00	1Н 75,25	1Н 85,25 ^{-0,085} _{-0,104}	1Н 75,25 ^{-0,082} _{-0,101}
		2Н 75,00	2Н 85,99 ^{-0,085} _{-0,104}	1Н 75,00 ^{-0,082} _{-0,101}
1-й ремонтный	63,75	74,50	84,50 ^{-0,085} _{-0,104}	Уменьшение диаметра на 0,50 мм
2-й ремонтный	63,50	74,00	84,00 ^{-0,085} _{-0,104}	
3-й ремонтный	63,25	73,00	83,50 ^{-0,085} _{-0,104}	
4-й ремонтный	63,00		83,00 ^{-0,085} _{-0,104}	
5-й ремонтный	62,75			
6-й ремонтный	62,50			
Размеры шатунных шеек	51,50	1Н 68,25 2Н 68,00	1Н 73,00 ^{-0,100} _{-0,119}	1Н 68,95 ^{-0,077} _{-0,096}
			2Н 72,75 ^{-0,100} _{-0,119}	2Н 68,00 ^{-0,077} _{-0,096}
1-й ремонтный	51,25	67,50	72,25 ^{-0,100} _{-0,119}	
2-й ремонтный	51,00	67,00	71,75 ^{-0,100} _{-0,119}	
3-й ремонтный	50,75	66,50	71,25 ^{-0,100} _{-0,119}	
4-й ремонтный	50,50	66,00	70,75 ^{-0,100} _{-0,119}	
5-й ремонтный	50,25			
6-й ремонтный	50,00			
Изгиб вала номинальный				0,03
допускаемый без ремонта				

Для измерения используются микрометры гладкие МК (ГОСТ 6507, цена деления шкалы 0,01 мм, предельная погрешность $\pm 2,5$) или микрометр рычажный МР (ГОСТ 4381, цена деления шкалы 0,002 мм, предельная погрешность $\pm 2,0$) с пределами измерения (мм) 75-100. Выполнению данной работы должна предшествовать проверка и регулировка нулевого положения микрометра, которая осуществляется в следующей последовательности:

а) поместить между измерительными поверхностями эталонный калибр, прикладываемый к микрометру, и, вращая винт за трещотку, зажать калибр так, чтобы он не имел перекоса. Слегка покачивать калибр и одновременно подавать винт вперед до тех пор, пока трещотка не начнет срабатывать и подача винта не прекратится;

б) проверить положение нулевого деления на неподвижной втулке относительно нулевого положения барабана.

При замере шеек микрометр следует ставить без перекоса, а винт микрометра перемещать до упора в шейку коленчатого вала за трещотку. Овальность определяется как разность между большим и меньшим диаметрами шейки, измеренными в одном сечении, но в различных плоскостях. Определение овальности проводится в каждом сечении шейки.

Результаты замеров коренных и шатунных шеек занести в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты замеров шеек коленчатого вала

Номер шейки	Плоскость замеров	Коренные шейки, мм		Шатунные шейки, мм	
		Сечение I-I	Сечение II-II	Сечение I-I	Сечение II-II
1	Плоскость А-А				
	Плоскость Б-Б				
	Минимальное значение				
	Овальность				
2					
...					
6					

Лабораторная работа №7
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ И
СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы:

- Закрепить теоретические знания, полученные на лекциях;
- Приобрести навыки оценки работоспособности строительных и дорожных машин, определить остаточный ресурс деталей и соединений.

Таблица 1- Исходные данные к работе

Сборочная единица	Вариант	Наработка, мото-часы	Зазор в шатунном подшипнике, мм		
			Измеренный	Номинальный	Предельный
Кривошипно-шатунный механизм двигателя Д-245	4	2900	0,44	0,12	0,50

1. Определяют приращение изменения предельного значения:

$$\Delta U_{\text{пр}} = U_{\text{пр}} - U_{\text{ном}} = 0,50 - 0,12 - 0,38 \text{ мм}$$

2. Определяют приращение изменения параметра за заданный период наработки:

$$\Delta U_i = U_i - U_{\text{ном}} = 0,44 - 0,12 = 0,32 \text{ мм}$$

3. Определяют остаточный ресурс:

$$t_{\text{ост}} = t_i' \left(\frac{\Delta U_{\text{пр}}^{\frac{1}{\alpha}}}{\Delta U_i^{\frac{1}{\alpha}}} - 1 \right) = 2900 \left(\frac{0,38^{1,4}}{0,32^{1,4}} - 1 \right) = 789 \text{ мото - часов}$$

$$\varepsilon = \frac{789}{6000} \times 100\% = 13\%$$

где 6000- это средний ресурс работы двигателя

Лабораторная работа №8
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗНОШЕННЫХ СОПРЯЖЕНИЙ
МАШИН СПОСОБОМ РЕМОНТНЫХ РАЗМЕРОВ

Цель работы: Освоить методику определения ближайшего ремонтного размера гильз цилиндров двигателя.

Оборудование и инструмент:

- Изношенные гильзы цилиндров;
- Нутромер индикаторный *НИИ160*;
- Микрометр *МК 100...125 мм*;
- Масштабная линейка *300мм*.

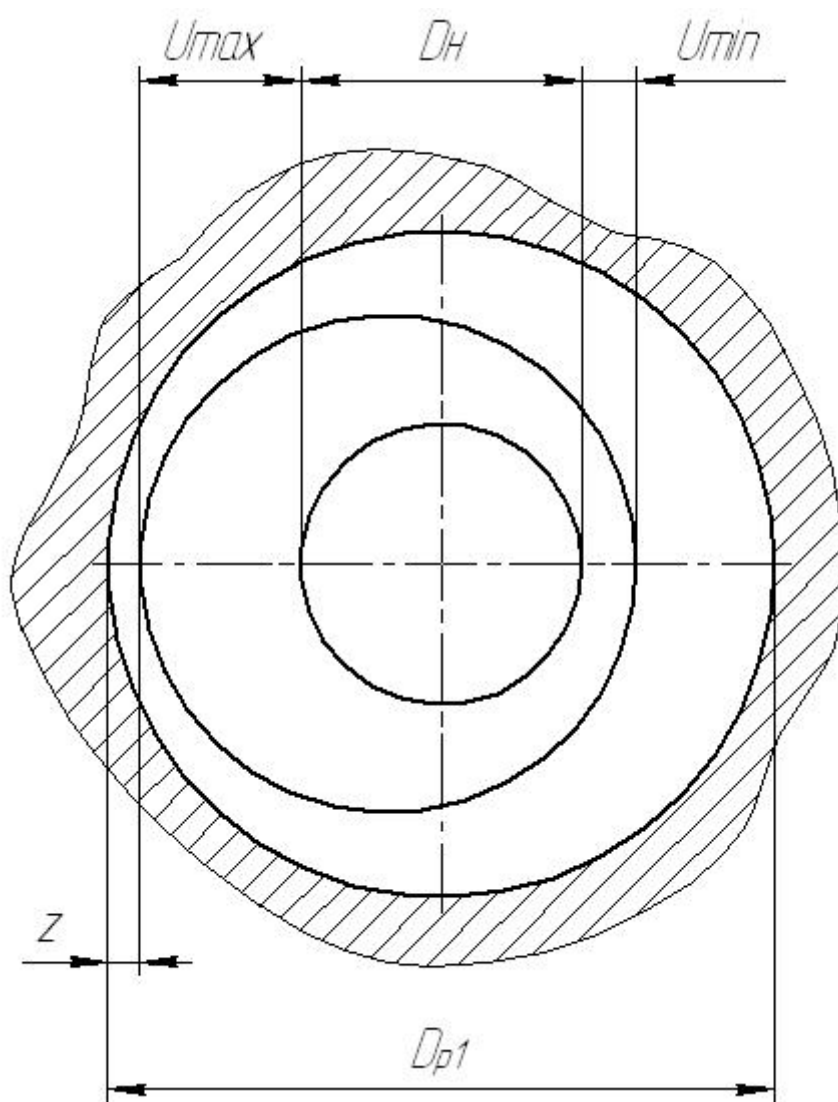


Рисунок 1- Схема для определения ремонтного размера цилиндра

Выводы: _____

Лабораторная работа №9
ДЕФЕКТАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ И ИЗУЧЕНИЕ ИЗНОСА
ИХ КУЛАЧКОВ

Конструктивно-технологическая характеристика детали: Распредвал двигателя внутреннего сгорания является одной из ответственных деталей. От состояния основных рабочих поверхностей вала определяется работа двигателя в целом. Основными дефектами распредвалов двигателя являются:

1. износ опорных шеек распредвала;
2. износ кулачков по высоте;
3. изменение профиля кулачка;
4. изгиб вала.

Все перечисленные дефекты распредвала вызывают стуки в клапанном механизме, уменьшение мощности двигателя, а увеличение зазоров в подшипниках вызывает, кроме того, падение давления масла в системе смазки. Работа клапанно-распределительного механизма теоретически оценивается по параметру, называемому «время сечения» и характеризуется площадью, ограниченной кривой изменения высоты подъема клапана по времени.

Восстановление до нормальных размеров высоты подъема клапана проводится путем перешлифовки кулачка по всему профилю обосновывается тем, что, если снять с кулачка одинаковый (по отношению к неизношенному кулачку) слой металла кругом, то величина подъема клапана и моменты открытия и закрытия клапана не изменяется. Потребуется лишь довести зазор между клапаном и толкателем до нормальной величины (рис. 2). $h = H - Z = H_1 - Z_1$.

Цель работы:

1. Изучить возможные виды дефектов распредвала по тех. условиям на контроль-сортировку и установить имеющиеся дефекты на контролируемом вале;
2. Изучить характер и величины износа кулачков распредвала;
3. Приобрести навыки в использовании специальными приспособлениями и инструментами для замеров кулачков вала.

Содержание работы:

1. Внешний осмотр распредвала;
2. Замер всех кулачков в 2-х поясах с определением износов кулачков по высоте;
3. Определение прогиба распредвала;
4. Замер опорных шеек распредвала;
5. Построение профиля кулачка одного.

Оборудование, приборы, инструменты:

1. Верстак для установки распредвала;
2. Приспособление для замеров элементов кулачка;
3. Инструменты:
 - а) микрометры 25-50, 50-75 мм;
 - б) индикатор со стойкой точностью 0,01 мм;
 - в) шабер трехгранный;
4. Тех. условия на контроль-сортировку деталей при капитальном ремонте.

Порядок выполнения работы:

1. Произвести наружный осмотр распредвала и результаты осмотра записать в бланк отчета.

2. Наружным осмотром устанавливаются следующие дефекты валов: а) отколы на шейках, шестерне и кулачках; б) трещины разного размера и расположения; в) местные износы, задиры и риски; г) срыв и забитость резьбы, износы повреждения шпоночного паза и т. д. Замерами устанавливаются: а) износы опорных шеек; б) износы кулачков по высоте; в) износы кулачков; г) прогиб вала.

3. Произвести настройку измерительного инструмента.

4. Произвести замеры в объеме, предусмотренном настоящим руководством.

5. По результатам наружного осмотра и измерений распредвала в соответствии с тех. условиями на контроль-сортировку отнести к одной из 3-х категорий: а) годны, б) не годны, в) требуют ремонта.

6. Результаты замера занести в бланк отчета и построить кривую подъема толкателя по новому и измененному кулачку.

7. Оформить отчет, сделав заключение по работе.

8. Сдать рабочее место лаборанту.

9. Отчитаться по работе преподавателю. Определение ремонтного размера шеек распредвала:

Ремонтный размер: $D_p = D_z - Z$,

где D_p – ближайший искомый ремонтный размер шейки вала, мм;

D_z – измеренный диаметр шейки вала, мм;

Z – припуск на обработку (на диаметр).

Припуск на шлифование:

$$Z = Z_{\Delta} + 2f + 2Z_h + \delta_v,$$

где Z_{Δ} – припуск, учитывающий неравномерность износа шеек, $Z_{\Delta} = 0,06$ мм;

f – прогиб вала, не поддающийся правке (допускаемый по ТУ, $f = 0,05$ мм);
 Z_h – припуск, учитывающий глубину рисок на шейках (глубина поврежденного слоя $Z_h = 0,08$ мм);

δ_v - погрешность базирования и закрепления вала при шлифовании ($\delta_v = 0,02$ мм).

Указания по выполнению работы:

1. Определение износа опорных шеек. Для определения износа опорных шеек вала необходимо каждую шейку вала измерить в 2-х плоскостях 1 – 1 (1-й пояс) и 2 – 2 (2-й пояс), отстоящих от краев опорных шеек на 5 мм. В каждом поясе опорные шейки измеряют в 2-х взаимно-перпендикулярных плоскостях А – А, параллельной плоскости шпоночной канавки и плоскости В – В, перпендикулярной плоскости, проходящей через шпоночную канавку. При измерении шеек распределвал должен быть установлен на призмах или в центрах.

2. Определение износов кулачков по высоте. Для определения износов кулачком по высоте необходимо: а) каждый кулачок измерить в 2-х плоскостях; б) сопоставить полученные результаты замеров высоты с номинальной высотой нового кулачка и определить величину износа кулачков по высоте. в) дать заключение о возможности дальнейшей работы кулачков распределвала без ремонта, исходя из допустимой величины износа по тех. условиям или назначить способ восстановления кулачков до номинальной величины.

3. Определение прогиба вала.

Для определения прогиба вала распределвал устанавливается в центре:

а) к средней шейке (при симметричном расположении вала) поочередно подвести измерительный стержень индикаторной головки,

б) установить стержень индикаторной головки в положение, при котором малая стрелка дает отклонение 1 – 2 мм и подвести нуль подвижной шкалы к большой стрелке,

в) произвести ориентировку распределвала по кулачку, подлежащему замеру относительно измерительного устройства,

г) установить кулачок в положение максимального подъема, которое определяется небольшим показанием стрелки при поворотах кулачкового вала,

д) повернуть вал в любую сторону на 90° и стрелку индикатора установить на нуль, е) вращая вал, зафиксировать по показаниям индикатора высоту подъема кулачка, через каждые 10° угла поворота. Максимальный подъем кулачка должен соответствовать углу поворота 90° от начала отсчета, ж) по данным замеров и табличным данным (для нового кулачка см. плакат) построить кривые

подъема кулачка (нового и измененного).

Составление отчета и обработка результатов:

1. Характеристика детали.

2. Марка двигателя.
3. Материал детали.
4. Термическая обработка.
5. Твердость
6. Номинальные размеры шеек вала 1-я..... мм; 2-я.....мм; 3-я..... мм ;4-я..... мм
- Номинальная высота кулачков:
впускного..... мм;
выпускного..... мм.
7. Оборудование, приборы, инструменты и их краткая характеристика.
8. Дефекты, установленные осмотром.
9. Результаты измерений распредвала.

Лабораторная работа №10
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ КАПИЛЛЯРНЫМ
МЕТОДОМ

Цель работы – закрепить теоретические знания и приобрести практические навыки в выявлении дефектов в изделиях цветным капиллярным методом.

Оснащенность рабочего места

Для выполнения лабораторной работы потребуются:

- индикаторный пенетрант MR 68С;
- очиститель MR 85 объекта контроля от пенетранта;
- проявитель MR 70 пенетранта;
- натуральный образец из листовой стали размером 50× 400 ×3 мм;
- чистая ткань;
- бумажные салфетки.

Общие положения. Теоретические основы

Капиллярный метод является одним из самых старых и одним из самых чувствительных методов неразрушающего контроля поверхностей (ширина раскрытия несплошности 1 мкм и менее) и поэтому широко используется в промышленности в тех случаях, когда невозможно использовать магнитопопорошковый метод (также весьма чувствительный, более дешевый, в настоящее время автоматизируемый).

Метод контроля проникающими веществами (капиллярный) – это метод выявления поверхностных и сквозных несплошностей материала объекта контроля, основанный на капиллярном проникновении в них индикаторной жидкости (пенетранта) и регистрации образующихся индикаторных рисунков, полученных, как правило, в результате последующего полного или частичного извлечения жидкости на поверхность, опико-визуальным способом или с помощью преобразователя. Проникающая способность является комплексным свойством жидкостей, на которые влияет множество факторов, зависящих от характера поверхности и вида контролируемого материала, типа пенетранта, температуры и наличия или отсутствия загрязнений.

Основным показателем проникающей способности пенетранта является поверхностное натяжение. Чем ниже поверхностное натяжение, тем выше проникающая способность. Другим термином, используемым в литературе по пенетрантам, является «эффективность удержания дефекта». Этот термин отражает способность пенетранта образовывать индикаторный рисунок так, чтобы его размеры были достаточны для визуального обнаружения.

Основной состав пенетрантов: - поверхностно-активные вещества (ПАВ);- связующие;- ингибиторы коррозии;- красители (люминофоры).

Геометрические характеристики поверхностных дефектов

Основным объектом поиска в капиллярном контроле является трещина, имеющая выход на поверхность, так называемая *поверхностная трещина*. Различают тупиковый и сквозной дефекты (трещины). На рисунке 1, слева, тупиковая трещина имеет только один выход на поверхность. Сквозной дефект (см. рисунок 1, справа) имеет два выхода на поверхность. Трещину характеризует *глубина l* - размер несплошности в направлении внутрь объекта контроля от его поверхности. Для сквозных трещин глубина определяется толщиной стенки между двумя поверхностями изделия (см. рисунок 1).

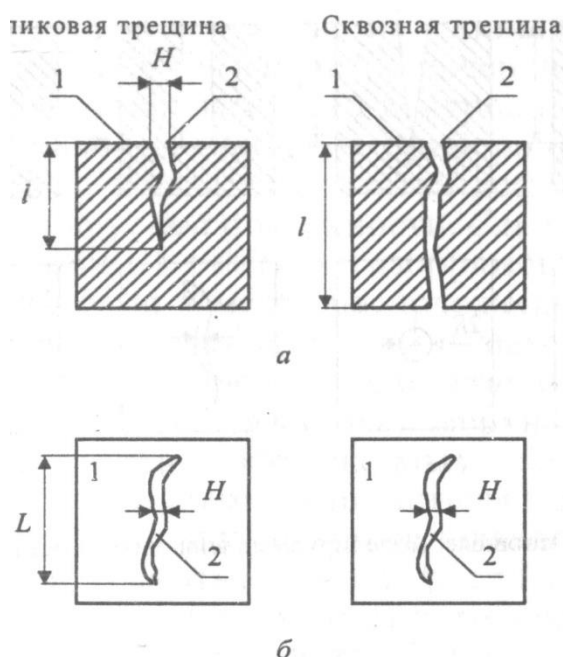


Рисунок 1 – Геометрические характеристики трещины:

H – ширина трещины (раскрытие несплошности), L – длина трещины, l – глубина трещины; а – вид сбоку, б - вид сверху; 1 – деталь, 2 - трещина

Условно капиллярные дефекты (трещины) подразделяют на следующие виды: поры, имеющие сечение близкое к круглому (рисунок 2а, б); трещины с параллельными стенками в виде щели, типа прорези (рисунок 2,в); трещины с непараллельными стенками, конического сечения (рисунок 2,г). В основном же трещины имеют произвольную геометрию (рисунок 2,д).

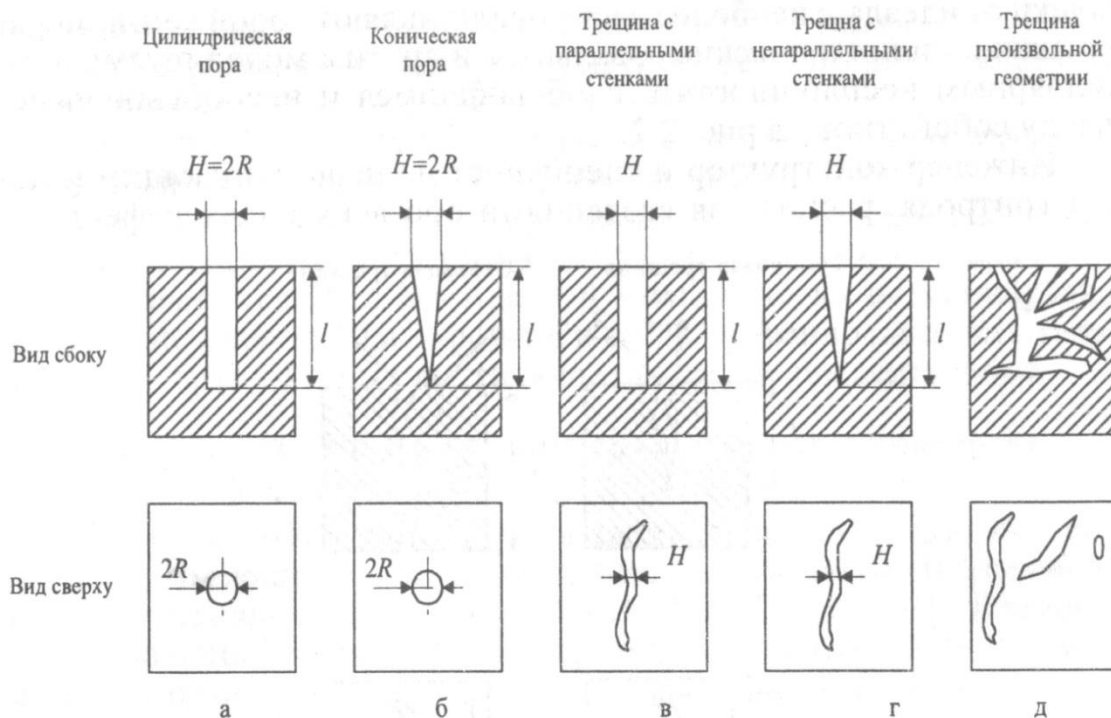


Рисунок 2 – Основные моделируемые виды поверхностных трещин

Продольный размер несплошности вдоль поверхности контроля называют *длиной дефекта* L , при этом для сложных дефектов имеют в виду "преимущественный размер", т.е. наибольший из двух на поверхности изделия (см. рисунок 1).

Раскрытие несплошности H - это поперечный размер дефекта у его выхода на поверхность объекта (см. рисунок 1).

Поскольку дефекты бывают сложной формы, различают максимальную, минимальную и среднюю глубину l , длину L и раскрытие несплошности (ширину трещины) H .

Совершенно идеальных круглых или прямоугольных трещин нет, на рисунке 1 -2 представлены идеализированные модели трещин. На практике дефекты далеки от идеала и наиболее часто представляют собой конгломерат близких к цилиндрическим, овальным и другим моделируемым капиллярным

несплошностям, сообщающимся и несообщающимся между собой, типа на рисунке 2.

Основные моменты в процессе капиллярного контроля представлены с помощью рисунка 3, где схематически изображена деталь 1 с дефектом 2, имеющим выход на поверхность П. Чтобы выявить дефект (трещину), на поверхность П детали наносится индикаторная жидкость (пенетрант) 3, которая заполняет трещину под действием капиллярных сил (рисунок 4,б).

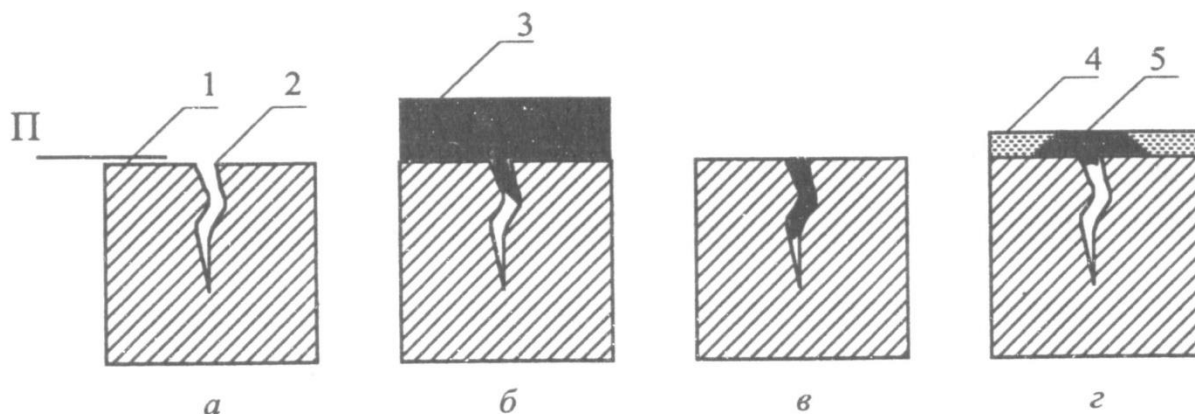


Рисунок 3 – Последовательность операций при капиллярной дефектоскопии:

а - дефект в изделии, б - нанесение пенетранта, в - удаление пенетранта с поверхности П, г - нанесение проявителя и проявление; 1 - изделие, 2 - дефект, 3 - пенетрант, 4 - проявитель, 5 - след дефекта

Порядок выполнения работы

Типовая технология капиллярного контроля включает следующие основные этапы обработки контролируемого изделия:

1. Подготовка объекта к контролю.
2. Заполнение полостей дефектов пенетрантом.
3. Удаление избытка пенетранта с контролируемой поверхности.
4. Нанесение проявителя и проявление дефектов.
5. Обнаружение дефектов и расшифровка результатов контроля.
6. Окончательная очистка объекта от дефектоскопических материалов.

1. Подготовка объекта к контролю

Подготовка объекта к контролю включает очистку контролируемой поверхности, используя очиститель MR 85, от всевозможных загрязнений, лакокрасочных покрытий, а также сушку контролируемой

поверхности и полостей дефектов. Дать очистителю время испариться с поверхности и дефектов.

Механическая очистка. Шлак, ржавчину, окалину и ряд других загрязнений удаляют механическим способом - струёй абразивного материала или механической обработкой контролируемой поверхности.

Очистка растворителем. Очистка производится промывкой или пропиткой с применением проточной воды, моющих растворов или протиркой чистой хлопчатобумажной салфеткой, смоченной растворителем, а также в парах органических растворителей.

Химическая очистка. Химическая очистка производится с использованием растворов химических реактивов, удаляющих остатки масел, жира, краски или травящих материалов. Химические вещества должны быть удалены с контролируемой поверхности объекта после очистки.

При использовании в качестве очистителя MR 85 распылить на поверхность. Через 30 секунд поверхность высушить чистой тканью или бумажной салфеткой.

Сушка. В качестве заключительной стадии подготовки контролируемые поверхности должны быть полностью высушены, чтобы в дефектах не осталось следов моющих растворов или растворителей.

2. Заполнение полостей дефектов пенетрантом

Распылить Пенетрант на очищенную и высушенную поверхность с расстояния 10 см от тестируемой поверхности.

Подождать 5-7 минут, пока Пенетрант проникнет в дефекты.

Расход Пенетранта 100-200 мл на 1 м².

3. Удаление избытка пенетранта с контролируемой поверхности

Пенетрант MR 68С является водорастворимым, поэтому избавиться от излишков Пенетранта можно:

- а) водой комнатной температуры;
- б) протерев поверхность влажной, а затем чистой и сухой тканью;
- в) протерев поверхность тканью, смоченной Очистителем, а затем чистой и сухой тканью.

При использовании Очистителя MR 85 для удаления остатков Пенетранта:

- 1) протереть поверхность сухой чистой тканью или бумажной салфеткой;
- 2) протереть поверхность тканью, смоченной Очистителем MR 85.

При использовании Очистителя MR 85 для удаления остатков Пенетранта никогда не распыляйте его непосредственно на контролируемую поверхность.

Индикаторный Пенетрант необходимо полностью удалить с поверхности изделия. При его неполном удалении на поверхности образуется так называемый *фон*, который снижает достоверность контроля и снижает, а в некоторых случаях не позволяет выявить дефекты.

4. Нанесение проявителя и проявление дефектов

Перед применением проявитель MR 70 хорошо встряхнуть.

После завершения 2-й фазы - удаления с тестируемой поверхности излишков Пенетранта- поверхность высушить.

Распылить Проявитель MR 70 тонким равномерным слоем с расстояния 20 см от поверхности. **(Предпочтительным являются два или три нанесения легким распылением, чтобы добиться желаемого слоя белых частиц).**

5. Обнаружение дефектов и расшифровка результатов контроля

Обнаружение дефектов начинается обследованием путем осмотра обработанной дефектоскопическими материалами контролируемой поверхности, с регистрации следов, их идентификации с дефектами и заканчивается оценкой их опасности для изделия.

Осмотр производят невооруженным глазом, а при необходимости – с применением луп, обеспечивающих малое увеличение ($1,5^{\times} - 2^{\times}$) и большое поле зрения.

Рисунок индикаторных следов и топография их расположения позволяет судить о типе дефектов. Трещины любого происхождения, волосовины, непровары и оксидные пленки выглядят как четкие, иногда прерывистые, окрашенные линии разной конфигурации.

Растрескивание металла и межкристаллитная коррозия на участках поверхности крупнозернистых сплавов выявляются в виде группы отдельных коротких линий или их сетки.

О наличии межкристаллитной коррозии на участках поверхности мелкозернистых сплавов свидетельствуют пятна или размытые полосы.

Поры, язвенная коррозия, отдельные очаги межкристаллитной коррозии и эрозионные повреждения поверхности выявляются как отдельные точки или звездочки.

6. Окончательная очистка объекта от дефектоскопических материалов

Окончательная очистка объектов контроля представляет собой один или сочетание нескольких технологических приемов удаления проявителя, при необходимости, и удаления пенетранта.

Производится окончательная очистка следующими основными способами: протиркой, промывкой, ультразвуковой обработкой, обдувкой и выжиганием.

Объекты, прошедшие контроль проникающими жидкостями, следует подвергать антикоррозионной защите в соответствии с требованиями ГОСТ 9.028.

Контрольные вопросы

1. На каком физическом явлении основаны методы капиллярной дефектоскопии?
2. От каких факторов зависит проникающая способность пенетранта?
- 3.

Литература

1. СТБ 1172-99 Контроль неразрушающий. Контроль проникающими веществами (капиллярный). Основные положения.
2. Капиллярный неразрушающий контроль: Контроль проникающими веществами. Практ. пособие для подгот. специалистов к сдаче сертификац. экзаменов на I,II и III уроне квалификации /Прохоренко П.П., Мигун Н.П., Стойчева И.В., Секерин А.М.-Мн: ИНФ, 1998.-160 с.
3. Сайфутдинов С.М. К Капиллярный контроль: история и современное состояние. – Технология машиностроения, 2008, №10, с.39-43.
4. ГОСТ 9.028 – 74 Межоперационная противокоррозионная защита заготовок, деталей и сборочных единиц металлических изделий. Общие требования.

2.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Практическая работа №1 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЗАГОТОВКИ

Цель работы: освоение методики сравнения вариантов получения отливок и выбора способа, обеспечивающего минимальную себестоимость изготовленных из них деталей. Наиболее универсальным методом получения отливок является литье в земляные формы. Однако изготовление форм требует больших затрат времени и средств, кроме того, отливки в землю имеют сравнительно большие припуски на обработку и характеризуются низким коэффициентом качества. Более производительным, точным и ресурсосберегающим методом является литье в облицованные и необлицованные кокили. Отливки из цветных металлов и сплавов изготавливают в необлицованных, а из черных металлов – предпочтительно в облицованных кокилях. Выбор оптимального способа получения отливок, как и других видов заготовок, основывается на сравнении себестоимости изготовленных из них деталей. Предпочтение отдают способу, обеспечивающему минимальную себестоимость детали, а при равенстве себестоимостей – менее материалоемкому. Отливки из черных металлов, полученные литьем в кокиле, требуют последующего отжига для ликвидации отбеленного слоя, что несколько повышает их стоимость. Однако более высокая точность, уменьшенные величины припусков, производительность процесса компенсируют указанный недостаток и обеспечивают их экономичность.

Технологическую себестоимость деталей можно определить по формуле
где $S_{ЗАГ}$ – стоимость отливки, р.;

$$C_T = S_{ЗАГ} C_{ДОП},$$

$C_{ДОП}$ – коэффициент, учитывающий стоимость дополнительной механической обработки заготовки до уровня готовой детали.

Стоимость заготовки $S_{ЗАГ}$ рекомендуется определять по формуле

$$S_{ЗАГ} = (C_i Q K_T K_c K_v K_m K_n) \cdot (Q q) \cdot S_{ОТХ},$$

где C_i – базовая стоимость 1 кг заготовок, р.;

K_T, K_C, K_B, K_M, K_n – коэффициенты, зависящие соответственно от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок;

Q – масса заготовки, кг;

q – масса готовой детали, кг;

$S_{отх}$ – цена 1 кг отходов, р.

Экономический эффект от применения выбранного метода получения отливки рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_Г = (C'_Г - C''_Г)N_Г,$$

где $C'_Г$ и $C''_Г$ – технологические себестоимости деталей по вариантам;
 $N_Г$ – объем выпуска деталей, шт. / год.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1 Ознакомиться с методическими рекомендациями.
- 2 Получить задание у преподавателя.
- 3 По сравниваемым вариантам получения заготовок рассчитать: массы заготовок Q , кг; стоимость заготовок $S_{зАГ}$, р.; технологическую себестоимость деталей $C_Г$, р.; годовой экономический эффект $\mathcal{E}_Г$, р., от применения более экономичного технологического процесса.
- 4 Составить отчет.

Практическая работа №2 РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ

Общие положения

В настоящее время более 65 % массы всех поковок и до 25 % массы всех деталей машин и механизмов изготавливают из заготовок, полученных горячей объемной штамповкой. Горячей объемной штамповкой получают заготовки разнообразных по конструктивной форме деталей. В основном это шестерни, втулки, рычаги, фланцы и т. п.

В настоящее время ГОСТ 7505—89 "Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски" учитывает все положительные стороны различных методов расчета припусков и допускаемых отклонений и является обязательным к применению. В то же время при практическом применении этого стандарта ввиду его большого объема возникают определенные трудности.

В данной работе рассмотрена методика практического применения ГОСТ 7505—89 на примере конкретной детали.

Исходные данные: шестерня приводного механизма; материал — сталь 40Х, ГОСТ 4543—71; масса детали 1,48 кг; годовая программа — 10 000 шт.; тип производства — среднесерийный.

Задание: определить припуски и предельные отклонения размеров поковки заданной детали.

Исходя из конструктивного исполнения детали, типа производства и на основе анализа существующих методов получения поковок принимаем метод получения заготовки — закрытой штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе К8839 с номинальным усилием ползуна 8000 кН. Нагрев заготовки — индукционный.

Для назначения припусков согласно ГОСТ 7505—89 необходимо предварительно выполнить классификацию будущей поковки по классу точности, группе стали, степени сложности и конфигурации поверхности разъема штампа.

Класс точности устанавливается исходя из применяемого технологического оборудования (таблица 1). В данном случае назначаем третий класс точности Т3.

Группа стали определяется по составу стали детали. Сталь 40Х содержит 0,36—0,44 % С, поэтому, согласно ГОСТ 7505—89, назначаем вторую группу стали — М2.

Отнесение к любой степени сложности производится путем вычисления отношения масс (объема) поковки M_n и геометрической фигуры M_ϕ , в которую вписывается форма поковки. Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром или прямой правильной призмой (рисунок 1). Коэффициент приведения

$$K = M_n/M_\phi. \quad (1)$$

Расчетную массу поковки определяют исходя из начальных размеров детали. Ориентировочно расчетная масса

$$M_{пл}=M_d K_p \quad (2)$$

где M_d - масса детали, кг;

K_p — расчетный коэффициент, равный для деталей круглой формы типа шестерен, ступиц, фланцев 1,5—1,8.

Таблица 1

Основное деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5

Кривошипные горячештамповочные прессы: открытая (облойная) штамповка закрытая штамповка выдавливание					
				+	+
		+	+		
			+	+	
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Штамповочные молоты				+	+
Калибровка объемная (горячая и холодная)	+	+			
Прецизионная штамповка	+				
Примечания: 1. Прецизионная штамповка — способ штамповки, обеспечивающий устанавливаемую точность и шероховатость одной или нескольких функциональных поверхностей поковки, которые не подвергаются окончательной обработке. 2. При пламенном нагреве заготовок допускается снижение точности для классов Т2—Т4 на один класс.					

При определении размеров описывающей поковку геометрической фигуры допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров деталей, определяющих положение ее обработанных поверхностей.

Согласно ГОСТ 7505—89, при $K \geq 0,63$ степень сложности первая — С1, при $0,32 \leq K < 0,63$ степень сложности вторая — С2, при $0,16 \leq K < 0,32$ степень сложности третья — С3. Четвертой степени сложности С4 соответствует коэффициент $K > 0,16$. Кроме того, дополнительным критерием сложности считаются различные выступы на поверхности поковки.

Определяем размеры описывающей поковку фигуры (цилиндра): диаметр $123,8 \cdot 1,05 = 130$ мм; диаметр $45 \cdot 1,05 = 48$ мм; длина $40 \cdot 1,05 = 42$ мм.

Расчетная масса поковки $M_n = 1,943$ кг фунты. Используя таблицы работы [3], определим массу геометрической фигуры (цилиндра), описывающей поковку, $Mф = 2,368$ кг. Тогда коэффициент приведения $K = 0,82$, что, согласно ГОСТ 7505—89, соответствует первой группе сложности, т. е. С1.

Конфигурация поверхности разъема штампа П (плоская).

По группе стали М2, классу точности Т3 и степени сложности С1 по номограмме (таблица 2) устанавливаем исходный индекс поковки - 13.

Основные припуски на размеры назначаем по исходному индексу 13 и заданной шероховатости поверхности:

- 1,9 — на диаметр 123,87 мм и параметр шероховатости 1,25 мкм;
- 1,8 — на диаметр 45 мм и параметр шероховатости 2,5 мкм;
- 1,5 — на толщину 15 мм и параметр шероховатости 2,5 мкм;
- 1,8 — на толщину 40 мм и параметр шероховатости 2,5 мкм.

Таблица 2

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки					Исходный индекс	
	М1	М2	М3	С1	С2	С3	С4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5		
														1
														2
														3
														4
														5
														6
														7
														8
														9
														10
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
														21
														22
														23

¹ Пример определения индекса поковки массой 8,0 кг из

стали группы М2, степени сложности С1, класса точности Т2.

Дополнительный припуск, учитывающий отклонение от плоскостности — 0,3 мм (таблица 3).

Размеры поковки, мм, исходя из принятых припусков составят:

Таблица 3

Наибольший размер поковки, мм	Припуск для классов				
	T1	T2	T3	T4	T5
≤ 100	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
100—160	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
160—250	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
250-400	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
400—630	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0

Таблица 4

Масса поковки, кг	Минимальный радиус закруглений, мм, при глубине полости ручья штампа, мм			
	<10	10—25	25—50	>50
1,0	1,0	1,6	2,0	3,0
1,0—6,3	1,6	2,0	2,5	3,6
6,3—16	2,0	2,5	3,0	4,0
16—40	2,5	3,0	4,0	5,0
0—100	3,0	4,0	5,0	7,0

- диаметр $123,87 + (1,9 \times 2) \approx 128$;
- диаметр $45 + (1,8 \times 2) \approx 49$;
- толщина $15 + (1,5 + 0,3) \approx 19$;
- толщина $40 + 0,3 \times 2 + 1,8 \times 2 \approx 44$.

Минимальный радиус закругления наружных углов при расчетной массе поковки 1,943 кг и глубине полости ручья штампа 25—50 мм должен быть равным 2,5 мм (таблица 4). Примем радиус 3,0 мм.

Окончательные размеры поковки с учетом допускаемых отклонений, принятых по таблице 5:

диаметр заготовки $128^{+0,8}_{-0,5}$ мм; диаметр ступицы $49^{+0,4}_{-0,3}$ мм; толщина $19^{+0,2}_{-0,2}$ мм;
толщина $44^{+0,3}_{-0,3}$ мм.

Смещение поверхности разъема штампа для второго класса точности Т2 и расчетной массы поковки 1,943 кг составит 0,2 мм (таблица 5).

1. Массу поковки по окончательным размерам рассчитывают по таблицам работы [Поливанов П. М., Поливанова Е. П. Таблицы для подсчета массы деталей и материалов: Справочник. Машиностроение, 2006. 304 с.].

Она составит 2,3 кг. Эскиз заготовки приведен на рисунке 1.

Коэффициент использования материала $K_{исп} = m_0/m_n = 0,64$.

Рекомендуемый коэффициент использования материала для штампованных поковок составляет 0,6—0,9. Следовательно, припуски на заданную деталь назначены правильно.

Таблица 5

Масса поковки, кг	Припуски для классов точности,							
	Плоская поверхность разъема (П)							
	T1	T2	T3	T4	T5			
	Симметрично изогнутая поверхность разъема							
	T1	T2	T3	T4	T5			
Несимметрично изогнутая поверхность разъема (Ин)								
			T1	T2	T3	T4	T5	
<0,5			0,1	0,1	0,2	0,2		0,3
0,5—1,0		0,1					0,3	
1,0—1,8	0,1		0,2	0,2	0,3			0,4
1,8—3,2		0,2		0,3				0,5
3,2—5,6	0,2						0,4	0,6
5,6—10,0		0,3	0,3			0,4	0,5	0,7
10,0—20,0	0,3				0,4	0,5	0,6	0,9
20,0—50,0			0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2
			0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	

В случае, если коэффициент использования будет меньше минимального рекомендуемого, необходимо выбрать другой метод получения заготовки или же применить другой класс точности.

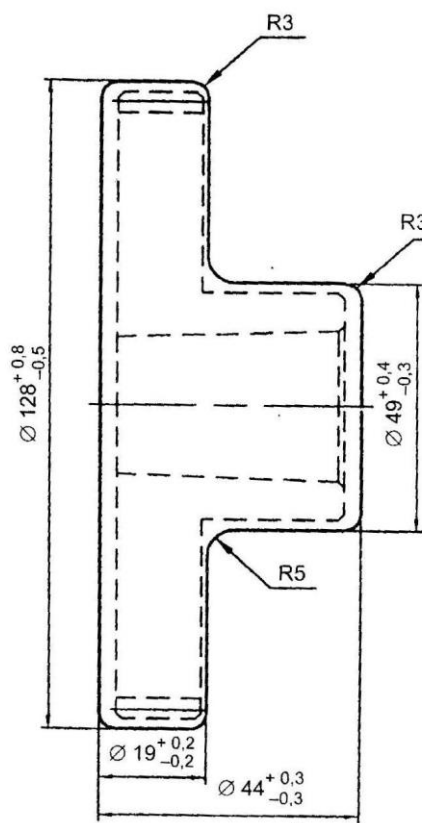


Рисунок 1 – Заготовка шестерни

Чертеж поковки выполняют на основании чертежа детали и рассчитанных значений припусков, допусков и напусков. Заданные по чертежу детали размеры увеличивают на величину припуска на поверхностях, подлежащих механической обработке. При необходимости для упрощения конфигурации поковки некоторые элементы скругляются, спрямляются. Для этого к припуску добавляется слой металла, называемым напуском. Для удобного извлечения поковки из штампа назначают штамповочные уклоны. На поковке не могут быть образованы острые углы, так как металл не может их заполнить, поэтому все острые углы должны быть скруглены по радиусу. При построении чертежа поковки разработчик

устанавливает поверхность разъема таким образом, чтобы обеспечить беспрепятственное удаление поковки из верхней и нижней половин ручьев штампа. В большинстве случаев поверхность разъема устанавливается в плоскости двух наибольших взаимно перпендикулярных габаритных размеров детали.

В технических требованиях чертежа поковки указывают исходный индекс, класс точности, группу стали, степень сложности, штамповочные уклоны и радиусы, коэффициент использования материала.

Практическая работа №3
ВЫБОР РЕЖИМОВ РУЧНОЙ СВАРКИ ПОКРЫТЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Цель работы: Ознакомиться с методикой расчета примерных режимов ручной сварки покрытыми электродами.

Порядок выполнения практического занятия:

1. Определить режимы сварки ГОСТ 5264-80;
2. Определить длину сварочной ванны при ручной дуговой сварке;
3. Определить время пребывания металла в жидком состоянии по оси шва;
4. Определить расход электродов для ручной дуговой сварки;
5. Определить расход электроэнергии на сварку соединения.

Решение:

1. Определение режимов сварки

При ручной дуговой сварке к параметрам режима сварки относятся сила сварочного тока, напряжение, скорость перемещения электрода вдоль шва (скорость сварки), род тока, полярность и др.

Определение режима сварки обычно начинают с выбора диаметра электрода $d_э$. Он выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла δ при сварке стыковых швов и от катета k при сварке угловых и тавровых соединений (см. табл.1).

Таблица 1 - Зависимость диаметра электрода от толщины свариваемого листа

Толщина листа, δ мм	1-2	3	4-5	6-10	10-15	16-20	20
Катет шва k , мм	2	3	4,5	5	6-8	16	20
Диаметр электрода $d_{\text{э}}$, мм	1,6-2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	5,0	5-6	6-10

Сила сварочного тока I , А, рассчитывается по формуле

$$I = K d_{\text{э}},$$

где K – коэффициент, равный 25–60 А/мм (см. табл. 2);

$d_{\text{э}}$ – диаметр электрода, мм.

Таблица 2 - Коэффициент K в зависимости от диаметра электрода $d_{\text{э}}$

$d_{\text{э}}$, мм	1-2	3-4	5-6
K , А/мм	25-30	30-45	45-60

В целях избежания пропалов при сварке в нижнем положении металла толщиной менее $1,5 d_{\text{э}}$ сварочный ток уменьшают на 10-15% от расчетного. Если толщина металла больше чем $3 d_{\text{э}}$ ток устанавливают на 10-15% больше.

Если сварочные работы выполняются качественными, сертифицированными электродами следует установить силу тока в соответствии с рекомендованной на упаковке с электродами.

Расчет напряжения дуги $U_{\text{д}}$, В, производится по формуле:

$$U_{\text{д}} = 22 + \frac{I}{50},$$

где I - сила сварочного тока, А.

Расчет скорости сварки $V_{\text{св}}$, м/ч, производится по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{100 \cdot F_{\text{шв}} \cdot \rho}$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, г/А·ч (принимают из характеристики выбранного электрода);

$F_{\text{шв}}$ – площадь поперечного сечения шва при однопроводной сварке (или одного слоя валика при многослойном шве), см²;

ρ – плотность металла, г/см³

(для низкоуглеродистой стали $\rho = 7,8$ г/см³;

для легированной стали и высоколегированной стали $\rho = 7,9$ г/см³;

для алюминия и дюраль $\rho = 2,7$ г/см³;

для меди $\rho = 8,96 \text{ г/см}^3$;
 для серого чугуна и для легированного чугуна $\rho = 7,0 \text{ г/см}^3$;
 для латуни $\rho = 8,5 \text{ г/см}^3$; для бронзы $\rho = 7,6 \text{ г/см}^3$).

2. Определение длины сварочной ванны при ручной дуговой сварке.
 Длину сварочной ванны L , см, определяют по формуле:

$$L = \frac{0,24 \cdot \tau \cdot I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}}}{2 \cdot \pi \cdot T_{\text{пл}} \cdot \lambda} \text{ см,}$$

где τ - эффективный КПД нагрева металла при сварке, при РДС $\tau = 0,7$;
 $I_{\text{св}}$ – сила сварочного тока, А;
 $U_{\text{д}}$ – напряжение, В;
 $T_{\text{пл}}$ – температура плавления свариваемого металла, °С (см. табл. 3);
 λ – коэффициент теплопроводности свариваемого металла, кал/см °С (см. табл. 4)

Таблица 3 - Средние значения $T_{\text{пл}}$ некоторых металлов:

Металл	Температура плавления свариваемого металла, °С, $T_{\text{пл}}$
медь	1083
латунь	900
бронза	950
алюминий	660
дюраль	650
низкоуглер. сталь	1500
легированная сталь	1500
высоколегир. сталь	1450
серый чугун	1200
легированный чугун	1200

Таблица 4 - Средние значения λ некоторых металлов

Металл	Коэффициент теплопроводности свариваемого металла, кал/см °С λ
медь	0,94

латунь	0,25
бронза	0,16
алюминий	0,63
дюраль	0,5
низкоуглер. сталь	0,14
легированная сталь	0,09
высоколегир. сталь	0,057
серый чугун	0,12
легированный чугун	0,035

3. Определение времени пребывания сварочной ванны в жидком состоянии:

Время пребывания t , ч, сварочной ванны в жидком состоянии определяется по формуле

$$t = \frac{L}{V_{\text{св}}},$$

где L – длина сварочной ванны, м;

$V_{\text{св}}$ – скорость сварки, м/ч.

4. Расчет скорости сварки, м/ч, производится по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{100 \cdot F_{\text{шв}} \cdot \rho},$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, г/А·ч (принимается $\alpha_{\text{н}} = 11$ г/А·ч);

$F_{\text{шв}}$ – площадь поперечного сечения шва при однопроводной сварке (или одного слоя валика при многослойном шве);

ρ – плотность металла, г/см³.

Для стыковых соединений площадь поперечного сечения шва $F_{\text{шв}}$, мм² определяется по формуле:

$$F_{\text{шв}} = 0,75eq + tb,$$

где e – ширина шва, мм ($e = (2 \div 4)d$);

q – усиление шва, мм ($0,1 \div 0,3$ толщины металла детали);

t – толщина шва, мм, ($t = q + h$);

b – зазор, мм.

Для углового соединения площадь поперечного сечения шва $F_{\text{шв}}$, мм² определяется по формуле:

$$F_{\text{шв}} = 1/2(k + q \cdot \sqrt{2}),$$

где k – катет шва, мм (см табл.1.);

q – усиление шва, мм.

5. Масса наплавленного металла, г, для ручной дуговой сварки рассчитывается по формуле:

$$G_H = F_{шв} \cdot l \cdot \rho$$

где l – длина шва, см;

ρ – плотность наплавленного металла (для стали $\rho=7,8$ г/см³).

6. *Время горения дуги, ч, (основное время) определяется по формуле:*

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{св} \cdot \alpha_H}$$

Полное время сварки (наплавки), ч, приближенно определяется по формуле

$$T = \frac{t_0}{k_{п}}$$

где t_0 – время горения дуги (основное время), ч;

$k_{п}$ – коэффициент использования сварочного поста, который принимается для ручной сварки 0,50 ÷ 0,55.

7. *Расход электродов, кг, для ручной дуговой сварки (наплавки) определяется по формуле:*

$$G_M = G_H \cdot k_{э}$$

где $k_{э}$ – коэффициент, учитывающий расход электродов на 1 кг наплавленного металла (приложение).

8. *Расход электроэнергии, кВт ч, определяется по формуле:*

$$A = \frac{U_d \cdot I_{св}}{\eta \cdot 1000} \cdot t_0 + W_0 \cdot (T - t_0)$$

где U_d – напряжение дуги, В;

η – КПД источника питания сварочной дуги;

W_0 – мощность, расходуемая источником питания сварочной дуги при холостом ходе, кВт;

T – полное время сварки или наплавки, ч.

Значения η источника питания сварочной дуги и W_0 можно принять по таблице 5:

Таблица 5 – Значения η источника питания сварочной дуги и W_0

Род тока	η	W_0
Переменный	0,8 - 0,9	0,2 - 0,4
Постоянный	0,6 - 0,7	2,0 - 3,0

Результаты расчета запишите в виде таблицы.

Тип сварного соединения	Свариваемый металл	$I_{св}$, А	U_d , В	$V_{св}$, м/ч	L , см	t , ч

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов В.С. Электрическая дуговая сварка. - М.: АСАДЕМА, 2008.
2. Чернышов Г.Г. Технология электрической сварки плавлением. - М.: АСАДЕМА, 2006.
3. Казаков Ю.В. Сварка и резка материалов. - М.: АСАДЕМА, 2008.
4. Колганов Л.А. Сварочные работы. – М.: «Дашков и К0», 2008.
5. Левадный В.С., Бурлака А.П. Сварочные работы. Практическое пособие. – М.: Аделант, 2007.
6. Маслов В. И. Сварочные работы. – М.: ИРПО; Изд. Центр "Академия", 2000
7. Чернышов Г.Г. Сварочное дело. - М.: АСАДЕМА, 2008.

Перечень рекомендуемых Интернет-ресурсов:

1. <http://www.osvarke.com/> - О сварке. Информационный сайт;
2. <http://weldingsite.com.ua/> - Все о сварке, сварочных технологиях и оборудовании;
3. <http://www.welder.kiev.ua/> - журнал СВАРЩИК
4. <http://www.cbarka.ru/> - Сварка и сварочное оборудование
5. <http://svarka-info.com> - Виртуальный справочник сварщика
6. <http://www.svarkainfo.ru> – Все для надежной сварки
7. http://www.ic-tm.ru/info/svarochnoe_proizvodstvo – журнал Сварочное дело.

Практическая работа №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО ИЗНОСА И ДОПУСТИМЫХ РАЗМЕРОВ СОПРЯГАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТА МЕХАНИЗМОВ

2.1.5.1. Валы (оси)

В процессе эксплуатации на сопряженных поверхностях вала (оси) и отверстия могут быть следующие дефекты:

- износ по диаметру, риски, наволакивание металла, задиры и забоины;
- отклонения от цилиндричности (конусообразность, бочкообразность, седлообразность);
- отклонения от прямолинейности;
- отклонения от круглости (овальность, огранка).

Основным критерием исправности сопряжения вал-отверстие является величина зазора (натяга) между сопряженными деталями.

Дефектация валов и осей должна производиться в соответствии с требованиями технического кодекса ТКП 45-1.03-103-2009 (02250).

Валы, имеющие остаточные деформации изгиба и кручения, а также оси, изгиб которых не может быть устранен без снижения прочности детали, подлежат выбраковке. Трещины в валах не допускаются.

Превышение допустимого износа посадочной поверхности требует ее восстановления или замены детали.

При определении допустимых износов для сопряжения вал-отверстие с посадками движения в качестве критериев этого сопряжения принимается величина зазора.

Допустимый износ $I_{\text{доп.}}$, мм, определяется по формуле

$$I_{\text{доп.}} = \Delta_{\text{доп.}} - \Delta_{\text{наиб.}}, \quad (1)$$

где $\Delta_{\text{доп.}}$ – допустимый зазор в сопряжении, мм;

$\Delta_{\text{наиб.}}$ – наибольший зазор по рабочему чертежу, мм.

Допустимый зазор $\Delta_{\text{доп.}}$, мм, в сопряжении принимается

$$\Delta_{\text{доп.}} = (2 \dots 2,5) \Delta_{\text{наиб.}} \quad (2)$$

Допустимый износ $I_{\text{доп.}}$ состоит из суммы допустимых износов вала $I_{\text{доп.в.}}$ и отверстия $I_{\text{доп.отв.}}$.

При близкой износостойкости материалов отверстия и вала трудоемкости восстановления поверхностей $I_{\text{доп.}}$ распределяются в соотношении 1:1. Если

отверстие и вал по износостойкости одинаковы, ремонт отверстия, как правило, значительно сложнее, чем ремонт вала, то $I_{доп.}$ распределяется в соотношении 2:1. Если наоборот, то 1:2. В отдельных случаях допускается (при крайне высокой стоимости одной из деталей или невозможности ее ремонта) $I_{доп.}$ полностью переносить на более дорогую деталь.

Допустимые размеры вала и отверстия определяются по формулам

$$D_{доп.в.} = D_{наим.в.} - I_{доп.в.}, \quad (3)$$

$$D_{доп.отв.} = D_{наиб.отв.} + I_{доп.отв.}, \quad (4)$$

где $D_{доп.в.}$ – допустимый размер вала, мм;

$D_{наим.в.}$ – наименьший размер вала по рабочему чертежу, мм;

$D_{доп.отв.}$ – допустимый размер отверстия, мм;

$D_{наиб.отв.}$ – наибольший размер отверстия по рабочему чертежу, мм.

Величины $\Delta_{доп.}$ в зависимости от посадки, $I_{доп.}$ и распределения его на $I_{доп.в.}$ и $I_{доп.отв.}$ приведены в таблице 1. В таблице предусмотрены только наиболее реальные распределения с соотношением 1:1 и 2:1.

Если подсчитанный по размерам чертежа $\Delta_{наиб.}$ не подходит ни к одной из посадок в таблице 1, то $\Delta_{доп.}$ и $I_{доп.}$ определяются и назначаются по ближайшей посадке таблицы 1 с более жестким значением $\Delta_{наиб.}$.

Таблица 1

Рас- сма- тривае- мая посад- ка	Условные обозначения зазоров и износов, варианты их распределения		Значения зазоров и износов для номинальных размеров, мм					
			св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св.120 до 180	св. 180 до 250	св.250 до315
H7 h6	$\Delta_{наиб.}$		0,041	0,049	0,057	0,065	0,075	0,084
	$\Delta_{доп.}$		0,082	0,096	0,114	0,130	0,150	0,168
	$I_{доп.}$		0,041	0,049	0,057	0,065	0,075	0,084
	Условия ремонта вала и отверстия равные	$I_{доп.в.}$	0,020	0,024	0,028	0,032	0,037	0,042
		$I_{доп.отв.}$	0,021	0,025	0,029	0,033	0,038	0,042
	Ремонт отверстия сложнее ремонта вала	$I_{доп.в.}$	0,013	0,016	0,019	0,022	0,025	0,028
$I_{доп.отв.}$		0,028	0,033	0,038	0,043	0,050	0,056	

<u>H7</u>			Δ наиб.	0,050	0,059	0,069	0,079	0,090	0,101
			Δ доп.	0,100	0,118	0,138	0,158	0,180	0,202
			I доп.	0,050	0,059	0,069	0,079	0,090	0,101
g6	Условия ремонта вала и отверстия равные	I доп.в I доп.отв		0,025	0,029	0,034	0,039	0,034	0,050
				0,025	0,030	0,035	0,040	0,067	0,051
	Ремонт отверстия сложнее ремонта вала	I доп.в I доп.отв		0,016 0,084	0,020 0,039	0,023 0,046	0,026 0,053	0,030 0,060	0,034 0,067

Продолжение таблицы 1

Рас- сма- тривае- мая посад- ка	Условные обозначения зазоров и износов, варианты их распределения		Значения зазоров и износов для номинальных размеров, мм						
			св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св.120 до 180	св. 180 до 250	св.250 до315	
<u>H7</u> f7			Δ наиб.	0,075	0,090	0,106	0,123	0,142	0,160
			Δ доп.	0,150	0,180	0,212	0,246	0,284	0,320
			I доп.	0,075	0,090	0,106	0,123	0,142	0,160
	Условия ремонта вала и отверстия равные	I доп.в I доп.отв		0,036	0,045	0,053	0,061	0,071	0,080
				0,037	0,045	0,053	0,062	0,071	0,080
	Ремонт отверстия сложнее ремонта вала	I доп.в I доп.отв		0,025 0,050	0,030 0,060	0,035 0,071	0,041 0,082	0,047 0,095	0,053 0,107
			Δ наиб.	0,114	0,136	0,161	0,188	0,218	0,243
			Δ доп.	0,228	0,272	0,322	0,376	0,436	0,486
			I доп.	0,114	0,136	0,161	0,188	0,218	0,243

<u>H7</u> e8	Условия ремонта вала и отверстия равные	<i>И доп.в</i> <i>И доп.отв</i>	0,057 0,057	0,068 0,068	0,080 0,081	0,094 0,094	0,109 0,109	0,121 0,122	
	Ремонт отверстия сложнее ремонта вала	<i>И доп.в</i> <i>И доп.отв</i>	0,038 0,076	0,045 0,091	0,053 0,106	0,062 0,126	0,072 0,146	0,081 0,162	
<u>H8</u> h7			Δ наиб. Δ доп. <i>И доп.</i>	0,064 0,128 0,064	0,076 0,154 0,075	0,089 0,178 0,089	0,103 0,206 0,103	0,118 0,236 0,118	0,133 0,266 0,133
	Условия ремонта вала и отверстия равные	<i>И доп.в</i> <i>И доп.отв</i>	0,032 0,032	0,038 0,038	0,044 0,045	0,051 0,052	0,059 0,059	0,066 0,067	
	Ремонт отверстия сложнее ремонта вала	<i>И доп.в</i> <i>И доп.отв</i>	0,021 0,043	0,025 0,051	0,029 0,060	0,034 0,069	0,039 0,079	0,044 0,089	

Продолжение таблицы 1

Рас- сматривае- мая посад- ка	Условные обозначения зазоров и износов, варианты их распределения	Значения зазоров и износов для номинальных размеров, мм					
		св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св.120 до 180	св. 180 до 250	св.250 до315
<u>H8</u> f7	Δ наиб. Δ доп. <i>И доп.</i>	0,089 0,133 0,089	0,106 0,159 0,106	0,125 0,187 0,125	0,146 0,219 0,146	0,168 0,252 0,168	0,189 0,283 0,189
	Условия ремонта вала и отверстия равные	<i>И доп.в</i> <i>И доп.отв</i>	0,064 0,064	0,076 0,076	0,090 0,090	0,105 0,106	0,122 0,122

	Ремонт отверстия сложнее ремонта вала	<i>И</i> доп.в <i>И</i> доп.отв	0,042 0,086	0,051 0,101	0,060 0,120	0,070 0,141	0,081 0,163	0,090 0,182
<u>H8</u> e8		Δ наиб. Δ доп. <i>И</i> доп.	0,128 0,256 0,128	0,152 0,304 0,152	0,180 0,360 0,180	0,211 0,422 0,211	0,244 0,488 0,244	0,272 0,544 0,272
	Условия ремонта вала и отверстия равные	<i>И</i> доп.в <i>И</i> доп.отв	0,064 0,064	0,076 0,076	0,090 0,090	0,105 0,106	0,122 0,122	0,136 0,136
	Ремонт отверстия сложнее ремонта вала	<i>И</i> доп.в <i>И</i> доп.отв	0,042 0,086	0,051 0,101	0,060 0,120	0,070 0,141	0,081 0,163	0,090 0,182
<u>H8</u> h8		Δ наиб. Δ доп. <i>И</i> доп.	0,078 0,156 0,078	0,092 0,184 0,092	0,108 0,216 0,108	0,126 0,252 0,126	0,144 0,288 0,144	0,162 0,324 0,162
	Условия ремонта вала и отверстия равные	<i>И</i> доп.в <i>И</i> доп.отв	0,039 0,039	0,046 0,046	0,054 0,054	0,063 0,063	0,072 0,072	0,081 0,081
	Ремонт отверстия сложнее ремонта вала	<i>И</i> доп.в <i>И</i> доп.отв	0,026 0,052	0,031 0,061	0,036 0,072	0,042 0,084	0,048 0,096	0,054 0,108

Продолжение таблицы 1

Рас- сма- тривае- мая посад- ка	Условные обозначения зазоров и износов, варианты их распределения	Значения зазоров и износов для номинальных размеров, мм					
		св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св.120 до 180	св. 180 до 250	св.250 до315
	Δ наиб. Δ доп. <i>И</i> доп.	0,101 0,202 0,101	0,120 0,240 0,120	0,141 0,282 0,141	0,163 0,326 0,163	0,187 0,374 0,187	0,211 0,422 0,211

<u>H9</u> h8	Условия ремонта вала и отверстия равные	<i>I</i> доп.в <i>I</i> доп.отв	0,050 0,051	0,060 0,060	0,070 0,071	0,081 0,082	0,093 0,094	0,105 0,106
	Ремонт отверстия сложнее ремонта вала	<i>I</i> доп.в <i>I</i> доп.отв	0,033 0,068	0,040 0,080	0,047 0,094	0,054 0,109	0,062 0,125	0,070 0,141
<u>H9</u> e8	Δ наиб. Δ доп. <i>I</i> доп.		0,151 0,302 0,151	0,180 0,360 0,180	0,213 0,426 0,213	0,248 0,496 0,248	0,287 0,574 0,287	0,321 0,642 0,321
	Условия ремонта вала и отверстия равные	<i>I</i> доп.в <i>I</i> доп.отв	0,075 0,076	0,090 0,090	0,106 0,107	0,124 0,124	0,143 0,143	0,160 0,161
	Ремонт отверстия сложнее ремонта вала	<i>I</i> доп.в <i>I</i> доп.отв	0,050 0,101	0,060 0,120	0,071 0,142	0,082 0,166	0,095 0,192	0,107 0,214
	Δ наиб. Δ доп. <i>I</i> доп.		0,320 0,800 0,480	0,380 0,950 0,570	0,440 1,100 0,660	0,500 1,250 0,750	0,580 1,450 0,870	0,640 1,600 0,960
<u>H11</u> h11	Условия ремонта вала и отверстия равные	<i>I</i> доп.в <i>I</i> доп.отв	0,240 0,240	0,285 0,285	0,330 0,330	0,375 0,375	0,435 0,435	0,480 0,480
	Ремонт отверстия сложнее ремонта вала	<i>I</i> доп.в <i>I</i> доп.отв	0,160 0,320	0,190 0,380	0,220 0,440	0,250 0,500	0,290 0,580	0,320 0,640
	Δ наиб. Δ доп. <i>I</i> доп.		0,320 0,800 0,480	0,380 0,950 0,570	0,440 1,100 0,660	0,500 1,250 0,750	0,580 1,450 0,870	0,640 1,600 0,960

Окончание таблицы 1

Рас- сматривае- мая посад- ка	Условные обозначения зазоров и износов, варианты их распределения	Значения зазоров и износов для номинальных размеров, мм					
		св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св.120 до 180	св. 180 до 250	св.250 до315

H11 d11			$\Delta_{\text{наиб.}}$	0,400	0,480	0,560	0,645	0,750	0,830
			$\Delta_{\text{доп.}}$	1,000	1,200	1,400	1,613	1,875	2,075
			$I_{\text{доп.}}$	0,600	0,720	0,840	0,968	1,125	1,245
H14 h14	Условия ремонта вала и отверстия равные	$I_{\text{доп.в}}$	0,300	0,360	0,420	0,484	0,562	0,622	
		$I_{\text{доп.отв}}$	0,300	0,360	0,420	0,484	0,563	0,623	
	Ремонт отверстия сложнее ремонта вала	$I_{\text{доп.в}}$	0,200	0,240	0,280	0,322	0,375	0,415	
		$I_{\text{доп.отв}}$	0,400	0,480	0,560	0,646	0,750	0,830	
H14 h14			$\Delta_{\text{наиб.}}$	1,240	1,480	1,740	2,000	2,300	2,600
			$\Delta_{\text{доп.}}$	2,480	2,960	3,480	4,000	4,600	5,200
			$I_{\text{доп.}}$	1,240	1,480	1,740	2,000	2,300	2,600
H14 h14	Условия ремонта вала и отверстия равные	$I_{\text{доп.в}}$	0,620	0,740	0,870	1,000	1,150	1,300	
		$I_{\text{доп.отв}}$	0,620	0,740	0,870	1,000	1,150	1,300	
	Ремонт отверстия сложнее ремонта вала	$I_{\text{доп.в}}$	0,410	0,490	0,580	0,660	0,760	0,860	
		$I_{\text{доп.отв}}$	0,830	0,990	1,160	1,340	1,540	1,740	
Примечание – Значения износов и зазоров для посадок, не представленных в таблице, определяются по формулам 1 и 2.									

Задание 5.1.1 Дано сопряжение вал-отверстие, работающее в условиях сухого трения. Диаметр оси $\varnothing 89,8$ мм, диаметр отверстия проушины $\varnothing 90$ мм. Определить допустимые размеры отверстия $D_{\text{доп. отв.}}$ и оси $D_{\text{доп. о.}}$. Принять равные условия ремонта, т.е. допустимый износ в сопряжении ($I_{\text{доп.}}$) вал-отверстие распределяется в соотношении 1:1.

Задание 5.1.2. Дано соединение вал-отверстие с размерами вала $\varnothing 40_{-0,039}$ мм и отверстия $\varnothing 40^{+0,039}$ мм. Условия ремонта отверстия намного сложнее вала. Требуется определить допустимый зазор в сопряжении $\Delta_{\text{доп.}}$, допустимые размеры вала $D_{\text{доп. в.}}$ и отверстия $D_{\text{доп. отв.}}$.

Задание 5.1.3 Дана посадка поверхности вала 75n6 ($75^{+0,39}_{+0,20}$). Определить допустимый размер поверхности вала.

Задание 5.1.4 Дана посадка поверхности вала 100g6 ($100_{-0,012}^{-0,034}$). Определить допустимый размер поверхности вала.

Задание 5.1.5 Дано соединение вал-отверстие с размерами вала диаметром $\varnothing 55k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ мм и отверстия $\varnothing 55H7^{(+0,030)}$ мм. Соединение ответственное (например – гидромашина).

Требуется определить допустимые размеры вала $D_{доп.в}$ и отверстия $D_{доп.отв}$ и зазор в соединении $\Delta_{доп.}$

Задание 5.1.6 Дано соединение вал-отверстие с размерами вала диаметром $\varnothing 55k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ мм и отверстия $\varnothing 55H7^{(+0,030)}$ мм. Соединение неответственное (вал-звездочка).

Требуется определить допустимые размеры вала $D_{доп.в}$ и отверстия $D_{доп.отв}$ и зазор в соединении $\Delta_{доп.}$

Задание 5.1.7 Дано соединение с прессовой посадкой. Размеры вала - $42^{+0,109}_{+0,070}$ мм и отверстия - $42^{+0,039}$ мм. Требуется определить допустимый размер отверстия.

Задание 5.1.8 Дано шлицевое соединение с посадкой $\frac{F8}{f7}$ и толщиной зубьев 9

мм. Размер по чертежу зубьев вала $9^{+0,035}_{-0,013}$, во втулке ширина впадины $9^{+0,035}_{-0,028}$ мм.

Определить допустимые размеры зубьев на валу и впадины во втулке.

Задание 5.1.9 Дано эвольвентное шлицевое соединение с размерами зубьев вала $k=91,470_{-0,117}$ мм (по роликам диаметром 5,493 мм), $S_3=5,370^{+0,032}_{-0,056}$ и пазов

отверстия $K=75,061^{+0,140}$ мм (по роликам диаметром 4,773 мм), $S_{вп}=5,370^{+0,125}_{+0,045}$ мм. Модуль зубьев соединения $m=2,5$ мм.

Определить допустимые износы зубьев вала по толщине и пазов отверстия по ширине для заданного по чертежу размера « k » как более точного и простого при контроле. Так как ремонт отверстия существенно сложнее ремонта вала (кроме того, вал может выбраковываться и по другим дефектам), допустимый износ в соединении распределяется на допустимый износ зубьев вала и пазов отверстия в соотношении 1:2.

Задание 5.1.10 Дано шпоночное соединение, неподвижное по валу, скользящее во втулке. Ширина шпоночного паза 12 мм. Предельные отклонения:

для шпонки по $h9$;

для паза вала по $N9$;

для паза втулки по J_s9 .

Определить допустимые размеры шпоночных пазов во втулке $V_{доп.отв.}$ и на валу $V_{доп.в.}$

Задание 5.1.11 Дана зубчатая передача:

Модуль $m = 5$ мм, толщина зуба – $V_{черт.} = 8^{+0,10}_{-0,15}$.

Зубчатая передача в редукторе с масляной ванной. Передача нагрузки в обоих направлениях, а также высокооборотные шестерни (более 3000 об/мин).

Определить допустимую толщину зуба.

Задание 5.1.12 Дана червячная пара с модулем зацепления 4,5 мм. Толщина зуба колеса - 10 мм, толщина витка червяка – 9,75 мм.

Определить допустимые размеры зуба колеса и витка червяка по толщине.

Задание 5.1.13 Определить допустимую длину приводной цепи. Шаг $t = 19,05$ мм; длина цепи $l=3010$ мм. Число зубьев большей звездочки $z=102$.

Задание 5.1.14 Определить допустимую длину приводной цепи. Шаг – 78,1 мм; длина цепи $l=3670,7$ мм. Число зубьев большей звездочки $z=32$.

Задание 5.1.15 Дана звездочка с параметрами: $D_1=682$ мм; $D_g = 587$; $R=25$ мм, $t=136$ мм; $z=15$.

Определить допустимую толщину зуба $S_{\text{доп}}$.

Задание 5.1.16 Дана посадка отверстия: $185K7(185^{+0,013}_{-0,033})$. Определить допустимый размер отверстия.

Практическая работа №6
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ ЗАПРЕССОВКИ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ

При проектировании отдельных сборочных операций выполняют расчеты по определению усилий, необходимых для сборки неразъемных соединений (посадка шестерён или подшипников на валы, посадка втулок в корпус и т. д.), которые определяют параметры соответствующего оборудования.

Соединения с гарантированным натягом осуществляют запрессовкой (продольно-прессовые соединения) или путем теплового воздействия на сопрягаемые детали (поперечно-прессовые соединения).

При **запрессовке** наибольшая сила, необходимая для сборки,

$$P = f \pi d L p 10^{-3}, \text{кН}$$

где f – коэффициент трения на сопрягаемых поверхностях (принимается от 0,08 – для чисто обработанных и хорошо смазанных поверхностей до 0,12);

d – номинальный размер сопряжения, мм;

L – длина сопряжения, мм.

p – давление на поверхности контакта, МПа.

При этом

$$p = \frac{i \cdot 10^{-3}}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)},$$

где i – натяг в сопряжении, мкм;

E_1, E_2 – модуль упругости материалов вала и втулки соответственно, ГПа;

C_1, C_2 – безразмерные коэффициенты, вычисляемые по формулам:

$$C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1; \quad C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} - \mu_2,$$

где d_1 – диаметр отверстия пустотелого вала, мм (для сплошного вала $d_1=0$ и $C_1=1-\mu$);

d_2 – наружный диаметр напрессовываемой детали (втулки), мм;

μ_1, μ_2 – коэффициент Пуассона материалов вала и втулки соответственно (для стали 0,3, чугуна 0,25 и бронзы 0,33).

Расчетный натяг определяется с учетом шероховатости сопрягаемых поверхностей:

$$i = \Delta d - 1,2(R_{z_1} + R_{z_2}),$$

где Δd – наибольшая разность диаметров охватываемой и охватывающей деталей, мкм;

R_{z_1}, R_{z_2} – высота неровностей профиля по десяти точкам, мкм.

При тепловой сборке температуру T_n нагрева охватывающей детали или температуру охлаждения охватываемой, которая должна быть в начальный момент выполнения соединения, определяют по зависимости []

$$T_{\text{н}} \geq \frac{\Delta d \cdot 10^{-3}}{\alpha d},$$

где Δd – наибольшая разность диаметров охватываемой и охватывающей деталей, мкм;

α – коэффициент линейного расширения материала детали;

d – номинальный диаметр сопряжения, мм.

При переносе детали из нагревательного (охлаждающего) устройства на сборочную позицию неизбежно ее охлаждение (нагрев). Зная время переноса детали t , мин, можно найти температуру $T_{\text{в}}$, которую должна иметь деталь в момент ее выгрузки из нагревательного (охлаждающего) устройства []:

$$T_{\text{в}} = T + \frac{T_i - T}{e^{-kt}},$$

где T – температура окружающего воздуха, °N.

Показатель k зависит от размеров и конфигурации детали, ее материала и метода нагрева (охлаждения). Его определяют экспериментально.

Задача 1. Бронзовую втулку ($E = 100$ ГПа, $\mu = 0,33$) запрессовывают в отверстие корпуса из чугуна ($E = 120$ ГПа, $\mu = 0,25$) наружный диаметр втулки $\varnothing 40 \begin{smallmatrix} +0,068 \\ +0,043 \end{smallmatrix}$, внутренний диаметр $\varnothing 30_{-0,2}$ мм, диаметр отверстия корпуса $\varnothing 40 \begin{smallmatrix} +0,039 \\ +0,039 \end{smallmatrix}$ мм. Шероховатость сопрягаемых поверхностей втулки и отверстия корпуса $R_z = 6,2$ мкм. Длина запрессовки $L = 40$ мм. Коэффициент трения при запрессовке $f = 0,08$. Определить необходимое усилие запрессовки.

Задача 2. Бронзовую втулку ($E = 100$ ГПа, $\mu = 0,33$) запрессовывают в отверстие корпуса из чугуна ($E = 130$ ГПа, $\mu = 0,25$) наружный диаметр втулки $\varnothing 30 \begin{smallmatrix} +0,056 \\ +0,035 \end{smallmatrix}$, внутренний диаметр $\varnothing 20_{-0,2}$ мм, диаметр отверстия корпуса $\varnothing 30 \begin{smallmatrix} +0,033 \\ +0,033 \end{smallmatrix}$ мм. Шероховатость сопрягаемых поверхностей втулки и отверстия корпуса $R_z = 6,2$ мкм. Длина запрессовки $L = 35$ мм. Коэффициент трения при запрессовке $f = 0,08$. Определить необходимое усилие запрессовки.

Задача 3. Бронзовую втулку ($E = 100$ ГПа, $\mu = 0,33$) запрессовывают в отверстие корпуса из чугуна ($E = 125$ ГПа, $\mu = 0,25$) наружный диаметр втулки $\varnothing 55 \begin{smallmatrix} +0,083 \\ +0,053 \end{smallmatrix}$, внутренний диаметр $\varnothing 40_{-0,2}$ мм, диаметр отверстия корпуса $\varnothing 55 \begin{smallmatrix} +0,046 \\ +0,046 \end{smallmatrix}$ мм. Шероховатость сопрягаемых поверхностей втулки и отверстия корпуса $R_z = 6,2$ мкм. Длина запрессовки $L = 45$ мм. Коэффициент трения при запрессовке $f = 0,08$. Определить необходимое усилие запрессовки.

Задача 4. Бронзовую втулку ($E = 100$ ГПа, $\mu = 0,33$) запрессовывают в отверстие корпуса из чугуна ($E = 120$ ГПа, $\mu = 0,25$) наружный диаметр втулки $\varnothing 80 \begin{smallmatrix} +0,089 \\ +0,059 \end{smallmatrix}$, внутренний диаметр $\varnothing 60_{-0,3}$ мм, диаметр отверстия корпуса $\varnothing 80 \begin{smallmatrix} +0,054 \\ +0,054 \end{smallmatrix}$ мм. Шероховатость сопрягаемых поверхностей втулки и отверстия корпуса $R_z = 6,2$ мкм. Длина запрессовки $L = 45$ мм. Коэффициент трения при запрессовке $f = 0,08$. Определить необходимое усилие запрессовки.

Задача 5. На стальной вал диаметром $\varnothing 80h8$ мм и шероховатостью поверхности $R_z=3,8$ мкм напрессовывают бронзовую втулку с наружным диаметром $\varnothing 80^{+0,3}$ мм и внутренним диаметром $\varnothing 60U8$ мм. Длина шейки вала и втулки 30 мм. Коэффициент трения при запрессовке $f=0,1$. Определить необходимое усилие запрессовки.

Таблица 7.1 - Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер подшипника	220	304	410	219	305	409	218	306	408	217
Поле допуска вала	k6	m6	k6	m6	k6	m6	k6	m6	k6	m6
Класс точности подшипника	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6
Вариант	11	12	13	14	15	16	167	18	19	20
Номер подшипника	307	404	216	308	405	215	309	406	214	310
Поле допуска вала	k6	m6	k6	m6	k6	m6	k6	m6	k6	m6
Класс точности подшипника	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0
Вариант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Номер подшипника	407	213	311	210	312	211	313	212	314	316
Поле допуска вала	m6	k6	m6	k6	m6	k6	m6	k6	m6	k6
Класс точности подшипника	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6

7.2 Пример решения задачи по проектированию сопряжений с натягом

Рассчитать необходимое усилие при запрессовке подшипника на вал и величину уменьшения натяга при запрессовке подшипника с нагревом. Исходные данные:

- радиальный шарикоподшипник № 14;
- класс точности подшипника 6;
- поле допуска вала п6.

Из таблицы Ж.7 [1] выписываем размеры подшипника № 314: $D=150$ мм; $d=70$ мм; $B=35$ мм.

Из ГОСТ 25347—13 выписываем для вала $\varnothing 70п6$; $es=+0,039$ мкм; $ei=+0,020$ мкм.

Из таблицы Ж.8 [1] или ГОСТ 520-2011 [3] выписываем предельные отклонения у кольца подшипника: $ES=0$; $EI=-0,012$ мм.

Рассчитываем максимальный натяг в соединении подшипника и вала:

$$N_{\max} = es - EI,$$

$$N_{\max} = 0,039 - (-0,012) = 0,051 \text{ мм.}$$

Рассчитываем фактический натяг в соединении:

$$N_{\phi} = 0,8 N_{\max},$$

$$N_{\phi} = 0,8 \times 0,051 = 0,04 \text{ мм.}$$

Рассчитываем условный диаметр внутреннего кольца подшипника по формуле

$$d_0 = d + 0,25 (D - d),$$

где D и d – наружный и внутренний диаметры подшипника,

$$d_0 = 70 + 0,25(150 - 70) = 90 \text{ мм.}$$

$$P = 0,5 \cdot 10^{-6} N_{\phi} f \pi B E \left(1 - \frac{d}{d_0}\right)^2,$$

где N_{ϕ} – фактический натяг в соединении, мм;

f – коэффициент трения, $f = 0,10 \dots 0,15$;

B – ширина подшипника, мм;

E – модуль упругости материала подшипника, $E = 2,12 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$,

$$P = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,04 \cdot 0,1 \cdot 3,14 \cdot 35 \cdot 2,12 \cdot 10^{11} \left(1 - \frac{70}{90}\right)^2 = 2300 \text{ Н.}$$

При сборке соединения с нагревом подшипника величину уменьшения натяга рассчитываем как

$$\Delta N = \Delta t \cdot \alpha \cdot d,$$

где Δ – разность температур подшипника и вала;

α – коэффициент линейного расширения, $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$.

Допускаемая температура нагрева подшипника составляет 100 °С. При температуре вала, равной температур окружающей среды ($t = 20$ °С), их разность составит

$$\Delta t = 100 - 20 = 80 \text{ °С.}$$

В этом случае уменьшение натяга в соединении может быть

$$\Delta N = 80 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 70 = 0,067 \text{ мм.}$$

Таким образом, уменьшение натяга превышает его максимальную величину, т.е. $0,067 > 0,051$. Это значит, что нагретый подшипник может быть установлен с зазором.

Практическая работа №7
СБОРКА УЗЛОВ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ

7.1. Задачи по сборке узлов с подшипниками качения

Рассчитать необходимое усилие при запрессовке подшипника на вал и величину уменьшения натяга при запрессовке его с нагревом. Класс точности подшипника – 0. Варианты задания представлены в таблице 7.1. Размеры подшипников и предельные отклонения их внутренних колец приведены в таблицах Ж.7 и Ж8 [1].

Таблица 7.1 - Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер подшипника	220	304	410	219	305	409	218	306	408	217
Поле допуска вала	k6	m6	k6	m6	k6	m6	k6	m6	k6	m6
Класс точности подшипника	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6
Вариант	11	12	13	14	15	16	167	18	19	20
Номер подшипника	307	404	216	308	405	215	309	406	214	310
Поле допуска вала	k6	m6	k6	m6	k6	m6	k6	m6	k6	m6
Класс точности подшипника	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0
Вариант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Номер подшипника	407	213	311	210	312	211	313	212	314	316
Поле допуска вала	m6	k6	m6	k6	m6	k6	m6	k6	m6	k6
Класс точности подшипника	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6

7.2 Пример решения задачи по проектированию сопряжений с натягом

Рассчитать необходимое усилие при запрессовке подшипника на вал и величину уменьшения натяга при запрессовке подшипника с нагревом. Исходные данные:

- радиальный шарикоподшипник № 14;
- класс точности подшипника 6;
- поле допуска вала п6.

Из таблицы Ж.7 [1] выписываем размеры подшипника № 314: $D=150$ мм; $d=70$ мм; $B=35$ мм.

Из ГОСТ 25347—13 выписываем для вала $\phi 70n6$; $es=+0,039$ мкм; $ei=+0,020$ мкм.

Из таблицы Ж.8 [1] или ГОСТ 520-2011 [3] выписываем предельные отклонения у кольца подшипника: $ES=0$; $EI=-0,012$ мм.

Рассчитываем максимальный натяг в соединении подшипника и вала:

$$N_{\max} = es - EI,$$

$$N_{\max} = 0,039 - (-0,012) = 0,051 \text{ мм.}$$

Рассчитываем фактический натяг в соединении:

$$N_{\phi} = 0,8 N_{\max},$$

$$N_{\phi} = 0,8 \times 0,051 = 0,04 \text{ мм.}$$

Рассчитываем условный диаметр внутреннего кольца подшипника по формуле

$$d_0 = d + 0,25 (D - d),$$

где D и d – наружный и внутренний диаметры подшипника,

$$d_0 = 70 + 0,25(150 - 70) = 90 \text{ мм.}$$

$$P = 0,5 \cdot 10^{-6} N_{\phi} f \pi B E \left(1 - \frac{d}{d_0}\right)^2,$$

где N_{ϕ} – фактический натяг в соединении, мм;

f – коэффициент трения, $f = 0,10 \dots 0,15$;

B – ширина подшипника, мм;

E – модуль упругости материала подшипника, $E = 2,12 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$,

$$P = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,04 \cdot 0,1 \cdot 3,14 \cdot 35 \cdot 2,12 \cdot 10^{11} \left(1 - \frac{70}{90}\right)^2 = 2300 \text{ Н.}$$

При сборке соединения с нагревом подшипника величину уменьшения натяга рассчитываем как

$$\Delta N = \Delta t \cdot \alpha \cdot d,$$

где Δ – разность температур подшипника и вала;

α – коэффициент линейного расширения, $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$.

Допускаемая температура нагрева подшипника составляет 100 °С. При температуре вала, равной температур окружающей среды ($t = 20 \text{ °С}$), их разность составит

$$\Delta t = 100 - 20 = 80 \text{ °С.}$$

В этом случае уменьшение натяга в соединении может быть

$$\Delta N = 80 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 70 = 0,067 \text{ мм.}$$

Таким образом, уменьшение натяга превышает его максимальную величину, т.е. $0,067 > 0,051$. Это значит, что нагретый подшипник может быть установлен с зазором.

Список литературы

1. Технология машиностроения: практикум: учеб. пособие / А.А. Жолобов [и др.] под ред. А.А. Жолобова. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. - 335 с.
2. ГОСТ 25347-2013 (ISO 286-2:2010) Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов.
3. ГОСТ 520-2011 Подшипники качения. Общие технические условия.

3. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

3.1 Средства диагностики результатов учебной деятельности

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время лабораторных работ;
- проведение текущих контрольных заданий по отдельным темам;
- защита выполненных на лабораторных и практических занятиях индивидуальных заданий;
- сдача экзамена.

3.2 Тематика рефератов

1. Направления дальнейшего развития технологии машиностроения.
2. Технологическая подготовка производства с применением современных программных продуктов.
3. Методы повышения надежности СДМ и ПТМ.
4. Применение высокопрочных сталей для изготовления несущих конструкций СДМ и ПТМ.
5. Направления развития металлообработки.
6. Современные методы повышения коррозионной стойкости и сопротивления коррозионной усталости сварных соединений.
7. Применение в металлоконструкциях СДМ и ПТМ проката современного производства.
8. Современные системы проектирования технологических процессов изготовления изделий машиностроения.
9. Новые ресурсо-и энергосберегающие технологии изготовления деталей обработкой давлением.
10. Методы повышения надежности СДМ и ПТМ.
11. Методы контроля качества сварных швов соединений.
12. Современные способы упрочнения рабочих поверхностей деталей землеройных машин.
13. Применение интеллектуальных материалов при производстве СДМ и ПТМ.

14. Применение интеллектуальных материалов при диагностировании СДМ и ПТМ.
15. Применение интеллектуальных материалов при ремонте СДМ и ПТМ.
16. Упрочнение деталей строительных и дорожных машин, подвергающихся абразивному изнашиванию.
17. Реверсивный инжиниринг (обратное проектирование) изделий дорожных, строительных, подъемно-транспортных машин и оборудования.
18. Применение герметиков для уплотнения и фиксации неподвижных соединений СДМ.
19. Применение высокопрочных сталей для изготовления несущих конструкций СДМ и ПТМ.
20. Применение в металлоконструкциях СДМ и ПТМ проката современного производства.
21. Современные системы проектирования технологических процессов изготовления изделий машиностроения.
22. Направления повышения надежности СДМ и ПТМ.
23. Направления развития металлообработки.
24. Современные способы упрочнения рабочих поверхностей деталей землеройных машин.

3.3 Вопросы промежуточного контроля знаний

- 1 Показатели качества поверхностей деталей машин. Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей.
2. Базирование при сборке и механической обработке. Конструкторские, технологические и измерительные базы.
3. Технология производства заготовок для деталей машин. Выбор метода изготовления заготовок. Виды заготовок.
4. Заготовки, получаемые литьем, пластической деформацией. Предварительная обработка заготовок.
5. Заготовки, получаемые порошковой металлургией, комбинированными методами (штампосварные и листосварные).
6. Технология производства корпусных изделий.
7. Стали, применяемые для изготовления несущих металлоконструкций подъемно-транспортных машин.
8. Требования технических нормативных правовых актов (ТНПА) к сварщикам, выполняющим сварку расчетных металлоконструкций грузоподъемных кранов.

9. Технология производства валов и осей.
10. Материалы для изготовления ходовых колес грузоподъемных кранов. Механическая и термическая обработка ходовых колес.
11. Механическая обработка грузовых крюков.
12. Методы обработки резьбовых поверхностей.
13. Нарезание зубчатых колес методом копирования.
14. Нарезание зубчатых колес методом обкатки.
15. Накатывание зубьев зубчатых колес. Методы окончательной обработки зубчатых колес.
16. Отделочно-упрочняющие методы обработки поверхностей деталей (обкатывание и раскатывание поверхностей, дорнование отверстий, дробеструйная обработка).
17. Технология сборочных процессов. Балансировка деталей, узлов и агрегатов.
18. Понятие и характеристика основных видов ремонта дорожно-строительных машин (текущий, плановый текущий, явочный текущий, капитальный ремонт, средний ремонт, гарантийный ремонт). Технический сервис.
19. Понятие и характеристика основных видов ремонта грузоподъемных кранов: полнокомплектный и капитально-восстановительный ремонты. Методы ремонта строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин (обезличенный, не обезличенный, агрегатный).
20. Сущность процесса дефектации, контроль скрытых дефектов деталей машин. Устранимые и неустраиваемые дефекты деталей.
21. Неразрушающие методы обнаружения дефектов в деталях и узлах (метод опрессовки, люминесцентный метод, капиллярный метод, метод магнито-порошковой дефектоскопии).
22. Неразрушающие методы обнаружения дефектов в деталях и узлах: ультразвуковой метод; радиографический метод (рентгено - и гамма – дефектоскопия); метод вихретоковой дефектоскопии.
23. Газовая сварка и наплавка (сущность способов, преимущества и недостатки).
24. Ремонт деталей сваркой. Особенности и способы сварки деталей из чугуна.
25. Особенности и способы сварки деталей из алюминиевых сплавов, сварка в среде аргона.
26. Восстановление деталей наплавкой: электродуговая наплавка под слоем флюса, в среде защитных газов, плазменное напыление, вибродуговая наплавка.
27. Электролитическое наращивание слоев металла: хромирование, область его применения.
28. Гальванический способ восстановления деталей: железнение (технологический процесс, область применения).
29. Способы вневанного электрохимического осаждения металлов: струйный; проточный; электронатирание.
30. Восстановление деталей способом ремонтных размеров. Область применения способа ремонтных размеров.

31. Способы восстановления и ремонта соединений дополнительными ремонтными деталями, область применения.
32. Ремонт резьбовых соединений.
33. Основные дефекты и ремонт радиаторов, водяных насосов системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания (ДВС) строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.
34. Основные дефекты и ремонт топливных баков, топливопроводов низкого и высокого давления.
35. Основные дефекты и способы восстановления гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.
36. Основные дефекты и способы восстановления коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.
37. Основные дефекты распределительных валов двигателей внутреннего сгорания и способы их устранения. Дефектация, правка, способы восстановления.
38. Основные дефекты и ремонт шатунов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.
39. Основные дефекты шлицевых валов, способы их устранения.
39. Основные неисправности топливных насосов высокого давления. Ремонт деталей топливных насосов высокого давления (плунжера и гильзы, нагнетательного клапана).
40. Основные дефекты и ремонт деталей форсунок дизельных двигателей.
41. Неисправности стартерных аккумуляторных батарей. Ремонт аккумуляторных батарей.
42. Признаки неисправностей и отказы в работе генераторов. Особенности технологии их ремонта.
44. Признаки неисправностей и отказы в работе стартеров. Особенности технологии их ремонта.
48. Восстановление тормозных барабанов грузовых автомобилей.
49. Основные дефекты и способы восстановления звеньев гусениц строительных и дорожных машин.
50. Особенности конструкции ведущих колес строительных и дорожных машин на гусеничном ходу. Основные дефекты и способы восстановления ведущих колес гусеничных машин.
51. Основные дефекты и способы восстановления башмака гусеничного экскаватора.
52. Пайка и область ее применения. Виды и типы припоев и флюсов.
53. Предремонтная диагностика, неисправности и отказы в аксиально-поршневых гидронасосах и гидромоторах. Особенности технологии их ремонта.
54. Неисправности и отказы в гидрораспределителях. Особенности технологии их ремонта.

55. Предремонтная диагностика гидроцилиндров. Неисправности и отказы в гидроцилиндрах. Особенности технологии и их ремонта.
56. Основные дефекты ножей бульдозеров, скреперов, способы их восстановления.
57. Основные дефекты ковшей универсальных экскаваторов, способы их устранения.
58. Дефектация элементов крановых механизмов: крюков, тормозных шкивов, накладок тормозных, предельные нормы их браковки (согласно Правил по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов).
59. Дефектация элементов крановых механизмов: ходовых колес, барабанов, блоков, предельные нормы их браковки (согласно Правил по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов).
60. Основные дефекты тормозов ГПМ. Ремонт тормозных механизмов.
61. Ремонт барабанов, блоков грузоподъемных машин.
62. Требования Правил по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов на ремонт расчетных металлоконструкций.
63. Основные повреждения и дефекты металлоконструкций грузоподъемных машин (ГПМ). Какие элементы металлоконструкций грузоподъемных кранов не пригодны к ремонту?
64. Устранение трещин по основному металлу в элементах металлоконструкций грузоподъемных кранов.
65. Порядок заварки трещины в металлоконструкциях грузоподъемных кранов (ГПК). .Усиление заваренной трещины в металлоконструкциях (ГПК).
66. Технологический процесс ремонта металлоконструкций грузоподъемных кранов с трещиной, выходящей на край элемента. Устранение продольных трещин в сварных швах металлоконструкций грузоподъемных кранов.
67. Дефектация и ремонт втулочно-пальцевых муфт строительных машин. Неисправности зубчатых муфт, допустимый износ деталей муфт и их браковка.
68. Подготовка поверхности деталей и сборочных единиц к окраске (очистка, обезжиривание, мойка, сушка). Способы окраски деталей, сборочных единиц и машин.
69. Технологический процесс нанесения лакокрасочных материалов на детали и сборочные единицы (грунтование, шпатлевание, шлифование, нанесения внешних слоев покрытий).
70. Оборудование для нанесения лакокрасочных материалов: установки пневматического распыления, установки безвоздушного распыления, установки для окрашивания в электростатическом поле.

3.4 Вопросы к экзамену

1. Производственный и технологический процессы, их содержание и структура.
2. Изделия и его виды. Типы производства. Машина как объект производства.

- 3 Показатели качества поверхностей деталей машин. Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей.
4. Влияние способов и условий обработки на шероховатость поверхности.
5. Базирование при сборке и механической обработке. Конструкторские, технологические и измерительные базы.
6. Общие понятия о технологичности конструкции машины. Ремонтпригодность машин.
7. Технологические требования к конструкции сборочных единиц и машин.
8. Технологические требования к конструкции элементарных поверхностей детали.
9. Технологичность сварных конструкций.
10. Технология производства заготовок для деталей машин. Выбор метода изготовления заготовок. Виды заготовок.
11. Заготовки, получаемые литьем, пластической деформацией. Предварительная обработка заготовок.
12. Заготовки, получаемые порошковой металлургией, комбинированными методами (штампосварные и листосварные).
13. Технология производства корпусных изделий.
14. Общий технологический процесс производства металлоконструкций строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин, его основные операции: подготовительные; сборочно-сварочные; операции по механической обработке узлов.
15. Требования Правил по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов к сварке расчетных металлоконструкций.
16. Заготовка деталей, сборка и подготовка металлоконструкций к сварке. Контроль качества сварных соединений.
17. Стали, применяемые для изготовления несущих металлоконструкций подъемно-транспортных машин.
18. Требования технических нормативных правовых актов (ТНПА) к сварщикам, выполняющим сварку расчетных металлоконструкций грузоподъемных кранов.
19. Сварочные напряжения и деформации в металлоконструкциях, способы их уменьшения.
20. Технология производства валов и осей.
21. Материалы для изготовления ходовых колес грузоподъемных кранов. Механическая и термическая обработка ходовых колес.
22. Механическая обработка грузовых крюков.
23. Методы обработки резьбовых поверхностей.
24. Нарезание зубчатых колес методом копирования.
25. Нарезание зубчатых колес методом обкатки.
26. Накатывание зубьев зубчатых колес. Методы окончательной обработки зубчатых колес.

27. Отделочно-упрочняющие методы обработки поверхностей деталей (обкатывание и раскатывание поверхностей, дорнование отверстий, дробеструйная обработка).
28. Электрохимическая обработка, ультразвуковая обработка деталей.
29. Технология сборочных процессов. Балансировка деталей, узлов и агрегатов.
30. Ремонт деталей сваркой: ручная дуговая сварка и наплавка металлическим электродом.
31. Понятие и характеристика основных видов ремонта дорожно-строительных машин (текущий, плановый текущий, явочный текущий, капитальный ремонт, средний ремонт, гарантийный ремонт). Технический сервис.
32. Понятие и характеристика основных видов ремонта грузоподъемных кранов: полнокомплектный и капитально-восстановительный ремонты. Методы ремонта строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин (обезличенный, не обезличенный, агрегатный).
33. Требования к машинам и их составным частям, сдаваемым в капитальный ремонт.
34. Подготовка, сдача машин (агрегатов) в ремонт, наружная мойка, мойка деталей, узлов и агрегатов.
35. Правила и особенности разборки объектов ремонта.
36. Сущность процесса дефектации, контроль скрытых дефектов деталей машин. Устранимые и неустраняемые дефекты деталей.
37. Неразрушающие методы обнаружения дефектов в деталях и узлах (метод опрессовки, люминесцентный метод, капиллярный метод, метод магнито-порошковой дефектоскопии).
38. Неразрушающие методы обнаружения дефектов в деталях и узлах: ультразвуковой метод; радиографический метод (рентгено - и гамма – дефектоскопия); метод вихретоковой дефектоскопии.
39. Общие правила сборки соединений деталей машин и сборочных единиц. Обеспечение качества процессов сборки.
40. Формирование требуемых характеристик машин при сборке, обкатке и испытаниях.
41. Газовая сварка и наплавка (сущность способов, преимущества и недостатки).
42. Ремонт деталей сваркой. Особенности и способы сварки деталей из чугуна.
43. Особенности и способы сварки деталей из алюминиевых сплавов, сварка в среде аргона.
44. Восстановление деталей наплавкой: электродуговая наплавка под слоем флюса, в среде защитных газов, плазменное напыление, вибродуговая наплавка.
45. Электролитическое наращивание слоев металла: хромирование, область его применения.
46. Гальванический способ восстановления деталей: железнение (технологический процесс, область применения).
47. Способы вневанного электрохимического осаждения металлов: струйный; проточный; электронатирание.

48. Восстановление деталей способом ремонтных размеров. Область применения способа ремонтных размеров.
49. Способы восстановления и ремонта соединений дополнительными ремонтными деталями, область применения.
50. Ремонт резьбовых соединений.
51. Признаки неисправностей и отказы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.
52. Схема технологического процесса капитального ремонта двигателей внутреннего сгорания и ее содержание.
53. Основные дефекты и ремонт радиаторов, водяных насосов системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания (ДВС) строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.
54. Основные дефекты и ремонт топливных баков, топливопроводов низкого и высокого давления.
55. Основные дефекты и способы восстановления гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.
56. Основные дефекты и способы восстановления коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.
57. Основные дефекты распределительных валов двигателей внутреннего сгорания и способы их устранения. Дефектация, правка, способы восстановления.
58. Основные дефекты и ремонт шатунов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.
59. Ремонт сцепления (ведомого и ведущего дисков, кронштейнов и отжимных рычагов).
60. Основные дефекты шлицевых валов, способы их устранения.
61. Основные неисправности карбюраторов, топливных насосов и способы их ремонта.
62. Основные неисправности топливных насосов высокого давления. Ремонт деталей топливных насосов высокого давления (плунжера и гильзы, нагнетательного клапана).
63. Основные дефекты и ремонт деталей форсунок дизельных двигателей.
64. Неисправности стартерных аккумуляторных батарей. Ремонт аккумуляторных батарей.
65. Признаки неисправностей и отказы в работе генераторов. Особенности технологии их ремонта.
66. Признаки неисправностей и отказы в работе стартеров. Особенности технологии их ремонта.
67. Восстановление тормозных барабанов грузовых автомобилей.
68. Основные дефекты и способы восстановления звеньев гусениц строительных и дорожных машин.

69. Особенности конструкции ведущих колес строительных и дорожных машин на гусеничном ходу. Основные дефекты и способы восстановления ведущих колес гусеничных машин.
70. Основные дефекты и способы восстановления башмака гусеничного экскаватора.
71. Пайка и область ее применения. Виды и типы припоев и флюсов.
72. Неисправности шестеренных насосов гидропривода и способы их ремонта.
73. Предремонтная диагностика, неисправности и отказы в аксиально-поршневых гидронасосах и гидромоторах. Особенности технологии их ремонта.
74. Неисправности и отказы в гидрораспределителях. Особенности технологии их ремонта.
75. Предремонтная диагностика гидроцилиндров. Неисправности и отказы в гидроцилиндрах. Особенности технологии и их ремонта.
76. Основные дефекты ножей бульдозеров, скреперов, способы их восстановления.
77. Основные дефекты ковшей универсальных экскаваторов, способы их устранения.
78. Дефектация элементов крановых механизмов: крюков, тормозных шкивов, накладок тормозных, предельные нормы их браковки (согласно Правил по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов).
79. Дефектация элементов крановых механизмов: ходовых колес, барабанов, блоков, предельные нормы их браковки (согласно Правил по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов).
80. Основные дефекты тормозов ГПМ. Ремонт тормозных механизмов.
81. Ремонт барабанов, блоков грузоподъемных машин.
82. Требования Правил по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов на ремонт расчетных металлоконструкций.
83. Основные повреждения и дефекты металлоконструкций грузоподъемных машин (ГПМ). Какие элементы металлоконструкций грузоподъемных кранов не пригодны к ремонту?
84. Устранение трещин по основному металлу в элементах металлоконструкций грузоподъемных кранов.
85. Порядок заварки трещины в металлоконструкциях грузоподъемных кранов (ГПК). Усиление заваренной трещины в металлоконструкциях (ГПК).
86. Технологический процесс ремонта металлоконструкций грузоподъемных кранов с трещиной, выходящей на край элемента. Устранение продольных трещин в сварных швах металлоконструкций грузоподъемных кранов.
87. Дефектация и ремонт втулочно-пальцевых муфт строительных машин. Неисправности зубчатых муфт, допустимый износ деталей муфт и их браковка.
88. Подготовка поверхности деталей и сборочных единиц к окраске (очистка, обезжиривание, мойка, сушка). Способы окраски деталей, сборочных единиц и машин.

89. Технологический процесс нанесения лакокрасочных материалов на детали и сборочные единицы (грунтование, шпатлевание, шлифование, нанесения внешних слоев покрытий).
90. Оборудование для нанесения лакокрасочных материалов: установки пневматического распыления, установки безвоздушного распыления, установки для окрашивания в электростатическом поле.
91. Выбор маршрута восстановления детали, оборудования, приспособлений и инструмента.
92. Охрана труда при ремонте строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.

3.5 Контрольные задания для самостоятельной работы студентов

Задание №1

Вопросы:

1. Показатели качества поверхностей деталей машин. Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей.
2. Современные способы отделения заготовок от листового проката.
3. Способы восстановления и ремонта соединений дополнительными ремонтными деталями, область применения.

4. **Задача.** Бронзовую втулку ($E = 100$ ГПа, $\mu = 0,05$) запрессовывают в отверстие корпуса из чугуна ($E = 120$ ГПа, $\mu = 0,07$), наружный диаметр втулки $\varnothing 40_{+0,043}^{+0,068}$ мм, внутренний диаметр $\varnothing 30_{-0,2}$ мм, диаметр отверстия корпуса $\varnothing 40_{+0,039}$ мм. Шероховатость сопрягаемых поверхностей втулки и отверстия корпуса $R_z = 6,2$ мкм. Длина запрессовки $L = 40$ мм. Коэффициент трения при запрессовке $f = 0,08$. Определить необходимое усилие запрессовки. ¶

Задание №2

Вопросы:

1. Технология производства заготовок для деталей машин. Выбор метода изготовления заготовок. Виды заготовок.
2. Общий технологический процесс производства металлоконструкций строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин, его основные операции: подготовительные; сборочно-сварочные; операции по механической обработке узлов.
3. Основные дефекты и способы восстановления гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.

4. **Задача.** Определить температуру, которую должна иметь деталь в момент ее выгрузки из нагревательного устройства для выполнения сборочной операции методом теплового воздействия. Диаметр отверстия охватывающей детали (втулки) $\varnothing 40_{+0,039}$ мм, диаметр охватываемой детали (вала) $\varnothing 40_{+0,043}^{+0,068}$ мм; материал втулки – бронза; температура окружающей среды $T = 20$ °С; время переноса детали от нагревательного устройства к месту сборки $t = 1,2$ мин; коэффициент, учитывающий размеры, материал и метод нагрева детали, $K = 0,15$.

Задание №3

Вопросы:

1 Заготовка деталей, сборка и подготовка металлоконструкций к сварке. Контроль качества сварных соединений.

2. Основные дефекты и способы восстановления коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.

3. Порядок заварки трещины в металлоконструкциях грузоподъемных кранов (ГПК). Усиление заваренной трещины в металлоконструкциях (ГПК).

4. **Задача.** Рассчитать усилие P , необходимое для образования головок заклепок при холодной клепке, по данным, приведенным в таблице (вариант 1).

Таблица

Вариант	Тип заклепок	Материал заклепок	Диаметр стержня, мм
1	Со сферическими головками	Сталь	6
2	С плоской и потайной головками	Медь	10
3	С плоскими головками	Латунь	12
4	Трубчатые	Алюминиевые сплавы	8
5	Полутрубчатые	Медь	16

Задание №4

Вопросы:

1. Технология производства валов и осей.

2. Ремонт сцепления (ведомого и ведущего дисков, кронштейнов и отжимных рычагов).

3. Технологический процесс ремонта металлоконструкций грузоподъемных кранов с трещиной, выходящей на край элемента. Устранение продольных трещин в сварных швах металлоконструкций грузоподъемных кранов.

4. **Задача.** Рассчитать усилие P , необходимое для образования головок заклепок при холодной клепке по данным, приведенным в таблице (вариант 2). Вычертить эскиз заклепочного соединения.

Таблица

Вариант	Тип заклепок	Материал заклепок	Диаметр стержня, мм
1	Со сферическими головками	Сталь	6
2	С плоской и потайной головками	Медь	10
3	С плоскими головками	Латунь	12
4	Трубчатые	Алюминиевые сплавы	8
5	Полутрубчатые	Медь	16

Задание №7

Вопросы:

1. Технология изготовления металлоконструкций коробчатого сечения строительных и подъемно-транспортных машин.
2. Основные дефекты шлицевых валов, способы их устранения.
3. Предремонтная диагностика, неисправности и отказы в аксиально-поршневых гидронасосах и гидромоторах. Особенности технологии их ремонта.
4. **Задача.** Дана зубчатая передача:

Модуль $m = 5$ мм, толщина зуба $-B_{\text{черт.}} = 8 \frac{+0,10}{-0,15}$.

Зубчатая передача в редукторе с масляной ванной. Передача нагрузки в обоих направлениях, а также высокооборотные шестерни (более 3000 об/мин).

Определить допустимую толщину зуба.

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Учебная программа

Целью изучения учебной дисциплины является формирование комплекса знаний, умений и навыков в области производства, ремонта и утилизации строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования.

Основными задачами преподавания учебной дисциплины являются:

- изучение методов производства деталей строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования;
- формирования умения правильного и обоснованного выбора оптимальных методов производства и ремонта основных деталей строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования, способов утилизации агрегатов, систем и материалов;
- формирование навыков правильного и обоснованного выбора материалов для изготовления и ремонта строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования.

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин как: «Материаловедение и технология материалов», «Механика материалов», «Нормирование точности и технические измерения», «Детали машин», «Технические основы создания машин».

В результате изучения учебной дисциплины «Технология производства и ремонта машин» студент должен:

знать:

- основные термины и определения технологии машиностроения;
- основы проектирования технологических процессов производства и ремонта машин;
- основы формирования качества изделия в процессе производства и в процессе восстановления надежности деталей и узлов;
- методы организации сборки и испытания машин на заводах - изготовителях и ремонтных предприятиях;
- основы разработки технологических процессов разборки, мойки-очистки, дефектации при ремонте строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования;
- принципы разработки и адаптации типовых технологий к реальным условиям производства;
- современные высокопроизводительные способы механической обработки;
- прогрессивные процессы восстановления деталей и методы ремонта машин;
- тенденции развития технологий машиностроения и ремонта машин.

уметь:

- выбирать метод производства деталей строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования;

- выбирать оптимальные методы восстановления изношенных деталей для конкретных производственных условий;
- разрабатывать технологические процессы обработки деталей высокого качества;
- выбирать высокопроизводительное оборудование, приспособления и инструмент;
- устанавливать режимы обработки и ремонта деталей и определять трудоемкость и себестоимость работ;
- учитывать требования к технологичности конструкции детали, металлоконструкции и механизма;
- пользоваться справочной литературой по направлению своей профессиональной деятельности.

владеть:

- инженерной терминологией в области производства строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования;
- навыками конструирования типовых деталей, их соединений, корпусных деталей, металлоконструкций;
- навыками проведения основных расчетов параметров работы оборудования;
- навыками выбора материалов для производства и ремонта деталей и сборочных единиц строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и оборудования;
- умением разрабатывать технологической документации по осуществлению технологических процессов ремонта строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин, их агрегатов, систем и элементов;
- умением изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы по совершенствованию технологических процессов ремонта строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин, их агрегатов, систем и элементов.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (креативность).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.
- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике (критическое мышление).
- СЛК-6. Уметь работать в команде.
- СЛК-7. Самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности.
- ПК-1. Работать с юридической литературой и трудовым законодательством;
- ПК-6. Владеть современными средствами телекоммуникаций.
- ПК-10. Владеть методами определения технико-экономических показателей ПТМ и СДМ;
- ПК-12. Владеть методами контроля параметров машин (ПТМ и СДМ), применяемых в строительном комплексе;
- ПК-13. Владеть методами диагностирования и оценки остаточного ресурса конструкций, механизмов и деталей ПТМ и СДМ;
- ПК-14. Владеть методами монтажа, наладки, испытаний ПТМ и СДМ, лифтов и подъемников;
- ПК-15. Владеть способами оценки и уменьшения вредного влияния ПТМ и СДМ на окружающую среду;
- ПК-16. Оценивать патентоспособность технических решений, проводить патентные исследования;
- ПК-17. Обеспечивать при проектировании безопасность конструкций ПТМ и СДМ;
- ПК-18. В составе группы специалистов по проектированию ПТМ и СДМ, лифтов и подъемников или самостоятельно разрабатывать перспективный план развития отдельных машин, выполнять технико-экономическое обоснование структурной единицы машины или машины в целом;
- ПК-19. Рассчитывать и проектировать ПТМ и СДМ, лифты и подъемники общего и специального назначения, работающих в условиях динамического нагружения в повторно-кратковременном режиме;
- ПК-20. Применять теорию, методы расчета и режимы работы ПТМ и СДМ при физическом и математическом моделировании процессов;
- ПК-21. Осуществлять оптимизацию параметров несущих конструкций, отдельных структурных единиц ПТМ и СДМ с целью снижения их металлоемкости и энергозатрат на изготовление и ремонт;
- ПК-22. Разрабатывать техническое задание на проектируемую структурную единицу машины или машину в целом с учетом результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- ПК-23. Осуществлять авторский надзор за созданием или реконструкцией структурной единицы машины или машины в целом в пределах соответствующей компетенции;
- ПК-24. Рассчитывать и анализировать надежность работы машин, агрегатов и комплекса машин с учетом их условий эксплуатации;

- ПК-25. Анализировать технологичность процесса производства и ремонта ПТМ и СДМ;
- ПК-26. Проводить испытания при подготовке производства, вводе ПТМ и СДМ, лифтов и подъемников в эксплуатацию, а также проводить диагностику при эксплуатации этих машин;
- ПК-27. Намечать основные этапы научных исследований по производственно-технологической и ремонтно-эксплуатационной деятельности;
- ПК-33. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития СДМ и ПТМ, инновационным технологиям, проектам и решениям;
- ПК-34. Определять цели инноваций и способы их достижения;
- ПК-35. Работать с научной, технической, патентной литературой по ПТМ и СДМ;
- ПК-36. Разрабатывать бизнес-планы создания нового оборудования по ПТМ и СДМ.
- ПК-37. Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемого оборудования по ПТМ и СДМ;
- ПК-38. Проводить опытно-технологические исследования для создания и внедрения нового оборудования ПТМ и СДМ, его опытно-промышленную проверку и испытания.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

РАЗДЕЛ I. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МАШИН

Тема 1.1. Предмет и содержание дисциплины.

Тема 1.2. Основы технологии производства машин.

Тема 1.3. Технологическое обеспечение качества изготовления машин.

Тема 1.4. Базирование и закрепление заготовок.

Тема 1.5. Технологичность и ремонтпригодность конструкций машин.

Тема 1.6. Технология производства заготовок для деталей машин.

Тема 1.7. Технология производства типовых деталей строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.

Тема 1.8. Производство металлоконструкций и применяемые материалы.

Тема 1.9. Методы упрочняющей технологии деталей машин.

Тема 1.10. Электрофизические и электрохимические методы обработки.

Тема 1.11. Основы проектирования технологических процессов механической обработки деталей.

Тема 1.12. Технология сборочных процессов.

Тема 1.13. Технология роботизированного производства.

Тема 1.14. Основные сведения об изготовлении деталей в гибких производственных системах.

Тема 1.15. Направления развития технологии машиностроения и повышения надежности СДМ и ПТМ.

РАЗДЕЛ II. ОСНОВЫ РЕМОНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ, ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Тема 2.1. Общие сведения об износе деталей.

Тема 2.2. Виды ремонта СДМ и ПТМ. Производственная база для их ремонта

Тема 2.3. Основы технологии разборки машин и агрегатов, дефектация деталей.

Тема 2.4. Технологические восстановления деталей.

Тема 2.5. Способы восстановления и ремонта соединений деталей машин под ремонтный размер и дополнительными ремонтными деталями.

Тема 2.6. Ремонт деталей двигателя внутреннего сгорания.

Тема 2.7. Ремонт системы охлаждения и смазочной системы.

Тема 2.8. Ремонт элементов топливной аппаратуры.

Тема 2.9. Ремонт элементов электрооборудования.

Тема 2.10. Ремонт деталей и сборочных единиц трансмиссии.

Тема 2.11. Ремонт деталей ходовой части автомобилей.

Тема 2.12. Ремонт деталей ходовой части гусеничных машин.

Тема 2.13. Ремонт гидравлических систем.

Тема 2.14. Ремонт металлоконструкций.

Тема 2.15. Ремонт элементов ПТМ.

Тема 2.16. Ремонт рабочего оборудования.

Тема 2.17. Перспективные методы восстановления и ремонта деталей СДМ и ПТМ.

Тема 2.18. Проектирование технологических процессов восстановления (ремонта) деталей машин.

Тема 2.19. Система менеджмента качества.

Тема 2.20. Требования безопасности при производстве работ по ремонту СДМ и ПТМ.

Методические рекомендации по организации и выполнению

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы студентов:

- решение индивидуальных задач;
- подготовка контрольных работ по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- подготовка курсовой работы по индивидуальным заданиям, в том числе разноуровневым заданиям.

4.2 Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Антимонов, А. М. Основы технологии машиностроения : учебник / А. М. Антимонов. — Екатеринбург : Изд-во Урал.ун-та, 2017. — 176 с.
2. Шрубченко И.В. Технология изготовления типовых деталей машин : учеб. пособие / И.В. Шрубченко, Т.А. Дуюн, А.А., А.А. Погонин[и др.]. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 358 с.

3. Сысоев С.К., Сысоев А.С., Левко В.А. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов: Учебное пособие. – 2 е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 352 с.
4. Эксплуатация и ремонт подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования: учебное пособие / А. А. Романович, Л.Г. Романович. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 163 с.
5. Ремонт дорожных машин, автомобилей и тракторов: учебник / Б. С. Васильев, Б. П. Долгополов, Г. Н. Доценко, В. И. Карагодин, С. К. Лосавио, Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов, А. Ф. Синельников, Ю. Л. Штоль; под ред. В. А. Зорина. - 10-е изд., стер. - Москва : Академия, 2016. - 509 с.: ил. - (Профессиональное образование. Технологические машины, оборудование и транспортные средства).
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Инновационное машиностроение, 2018. - 756 с.: ил.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Инновационное машиностроение, 2018. - 818 с.: ил.

Дополнительная литература

- 1 Технология машиностроения, производство и ремонт подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин. / [Б.П. Долгополов, Г.Н. Доценко, В.А. Зорин и др.] М: Издательский центр «Академия» 2010. – 567 с.
- 2 Технология конструкционных материалов: Учебник для вузов /Под ред. Ю.М. Барона. – СПб.: Питер, 2012.-512 с.
- 3 Курс лекций по дисциплине «Теоретические основы ремонта транспортно-технологических машин» / В.А.Зорин, А.П. Павлов.- М.: МАДИ, 2014. - 184с.
- 4 Технология машиностроения и производство подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования : курс лекций / С.Г. Штарев, А.С. Клементов. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС. 2011.– 86 с.
- 5 Технология машиностроения и производство подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: учеб.пособие для студентов высших учебных заведений / В. Г. Тайц В. И. Гуляев. – М : Издательский центр «Академия», 2007. – 368 с.
- 6 Тайц В. Г. Ремонт подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин : учеб.пособие для студентов высших учебных заведений /В. Г. Тайц. – М: Издательский центр «Академия», 2007. – 336 с.
- 7 Ремонт дорожных машин, автомобилей и тракторов: Учебник / Б.С. Васильев, Б.П. Долгополов, Г.Н. Доценко и др.; под ред. В.А. Зорина. –10-е изд., стер. – Москва : Академия, 2016. - 509 с.

- 8 Технология машиностроения: В 2 кн. Кн 1. Основы технологии машиностроения: Учеб.пособ. для вузов / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – Высш. шк., 2003. – 278 с.
- 9 Технология машиностроения: В 2 кн. Кн 2. Производство деталей машин: Учеб.пособ. для вузов / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – Высш. шк., 2003. – 295 с.
- 10 Технология конструкционных материалов: Учебник для вузов / Под ред. Ю.М. Барона. – СПб.: Питер, 2012.-512 с.
- 11 Иванов В. П. Технология и оборудование восстановления деталей машин: учебник / В. П. Иванов. – Минск: Техноперспектива, 2007. – 458 с.
- 12 Технология машиностроения: практикум: учеб.пособие / А.А. Жолобов[и др.] : под ред. А.А. Жолобова. Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 335 с.
- 13 Технология машиностроения: Сборник задач и упражнений: Учеб.пособие / В.И. Аверченков и др.; Под общ. ред. В.И. Аверченкова и Е.А. Польского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 288 с.
- 14 Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман, А.И. Гдалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
- 15 Обработка металлов резанием: Справочник технолога /А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др. Под общ.ред. А.А. Панова. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.
- 16 Восстановление и упрочнение деталей машин: Справочник /В. П. Иванов, В.С. Ивашко, В.М. Константинов, В.П.Лялякин, Ф.И. Пантелеенко; под ред. Ф.И. Пантелеенко – Наука и технологии, 2013 – 368с.
- 17 Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. Справочник. – М.: Машиностроение. 1989. – 479 с.
- 18 Справочник технолога - машиностроителя. /Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985, т. 1 – 656 с., т. 2 – 496 с.
- 19 Справочник по техническому обслуживанию, ремонту и диагностированию грузоподъемных кранов. В 2-х т. Т. 1. М.: ПИО ОБТ, 1996. 392 с. Т. 2. М.: ПИО ОБТ, 1996. 408 с.
- 20 Технология машиностроения. Курсовое проектирование: учеб. пособие / М.М. Кане [и др.]; под ред. М.М. Кане, В.К. Шелега. – Минск: Выш. шк., 2013. - 311 с.
- 21 Гарост М.М. Технология производства и ремонта машин: учебно-методическое пособие к курсовой работе /М.М. Гарост, Е.М. Масловская. – Минск: БНТУ, 2008. – 167 с.
- 22 Гарост М.М. Лабораторные работы по дисциплинам «Ремонт строительных машин» и «Ремонт дорожных машин» для студентов специальности Т.05.06 – «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование». – Мн., 1998.- 93 с.
- 23 ТКП 45-1.03-103-2009 (02250) Краны грузоподъемные. Капитальный, полнокомплектный и капитально-восстановительный ремонты. Правила выполнения.

24 Технический журнал «Вестник машиностроения».
e-mail:vestmash@mashin.ru.

25 Журнал «Ремонт, восстановление, модернизация». e-mail-admin@nait.ru.