

Министерство образования Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра «Материаловедение в машиностроении»

## **ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Учебно-методическое пособие для студентов специальностей 1-36 01 02 «Материаловедение в машиностроении», 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка» специализации 1-42 01 01-01 03 «Металловедение, технология и оборудование термической обработки металлов»

*Электронный учебный материал*

Минск 2015

УДК 620.22(076.5)

**Автор:**

М.В.Ситкевич

**Рецензент:**

О.Г.Девойно, профессор кафедры «Технология машиностроения»  
Белорусского национального технического университета, доктор  
технических наук, профессор.

Учебно-методическое пособие содержит программу дисциплины, методические указания по ее изучению, задания по выполнению курсовой работы, практических занятий, контрольные вопросы для самоподготовки, варианты аттестационного комплекса контрольных вопросов на экзамене или зачёте, краткие справочные сведения по сталям, наиболее часто используемым в производстве при изготовлении различных видов деталей и технологиям их термической и химико-термической обработки.

Учебно-методическое пособие может использоваться при чтении лекций, для подготовки к экзаменам и зачетам, выполнения курсовой работы, практических занятий и лабораторных работ студентов очной формы обучения.

Белорусский национальный технический университет  
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел.(017)292-77-52 факс (017)292-91-37  
E-mail: emd@bntu.by  
Регистрационный № БНТУ/МТФ30-27.2015

© БНТУ, 2015

© Ситкевич М.В. , 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>6</b>
<b>3. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ» .....</b>	<b>8</b>
РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.....	8
Тема 1. Роль и место процессов термической обработки в общем технологическом цикле изготовления деталей .....	8
Тема 2. Обоснование и выбор основных технологических параметров термической обработки.....	8
Тема 3. Среды для нагрева, контролируемые атмосферы.....	9
Тема 4. Охлаждающие среды и методы охлаждения.....	10
Тема 5. Термические напряжения .....	10
Тема 6. Основы технологии химико-термической обработки .....	11
Тема 7. Основы технологии термической обработки изделий с применением индукционного нагрева .....	11
Тема 8. Виды брака при термической обработке, его профилактика и контроль качества термообработки изделий .....	11
РАЗДЕЛ 2 . ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ .....	12
Тема 9. Технология термической обработки заготовок, поковок, отливок на машиностроительных заводах.....	12
Тема 10. Технология термической обработки различных видов деталей машиностроения.....	12
Тема 11. Технология термической обработки различных видов деталей инструментов .....	13
Тема 12 . Технология термической обработки на металлургических заводах .....	14
Примерный перечень лабораторных работ .....	14
Примерный перечень тем практических занятий .....	15

<b>4. ЗАДАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ .....</b>	<b>15</b>
Тема 1. Выбор видов и параметров термической обработки, ХТО и ТМО для изделий из различных материалов с использованием диаграмм состояния двойных сплавов при изготовлении деталей с требуемыми свойствами. ....	15
Тема 2. Выбор видов и параметров термической обработки и ХТО для изделий из сталей и чугунов с использованием диаграмм состояний: железо - углерод, железо – углерод – легирующий элемент, железо – легирующий элемент при изготовлении различных групп деталей с необходимым структурным состоянием и свойствами. ....	16
Тема 3. Расчет времени нагрева и охлаждения при термообработке изделий различного химсостава, назначения, формы, габаритов на различных стадиях изготовления конкретных деталей в зависимости от применяемого оборудования и других технологических факторов. ....	17
Тема 4. Разработка технологии термической обработки различных видов деталей, изготавливаемых на машиностроительных заводах из сталей и чугунов. ....	18
Тема 5. Разработка технологии термической обработки различных видов деталей инструмента и технологической оснастки. ....	19
<b>5. КУРСОВАЯ РАБОТА, ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ.....</b>	<b>20</b>
<b>6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ «ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ» .....</b>	<b>22</b>
<b>7. ВАРИАНТЫ АТТЕСТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ НА ЭКЗАМЕНЕ ИЛИ ЗАЧЁТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ» .....</b>	<b>25</b>
<b>8. КРАТКИЕ СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО СТАЛЯМ, НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДЕТАЛЕЙ И ТЕХНОЛОГИЯМ ИХ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.....</b>	<b>32</b>
<b>9. ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>67</b>

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины является дать будущим инженерам знания по основам технологии и назначению основных процессов термической и химико-термической обработки, их достоинствам и недостаткам, экономической эффективности применительно к различным видам заготовок и изделий с учетом закономерностей формирования структуры и свойств металлических материалов, рационального их использования при изготовлении деталей транспортных средств, оборудования, технологической оснастки, инструмента, работающих в реальных эксплуатационных условиях.

В результате освоения дисциплины «Технология термической обработки» студент должен:

**знать:**

- основы технологий термической, химико-термической, термомеханической обработок различных видов конкретных деталей, изготовленных из металлических материалов;
- современные материалы и эффективные способы их структуроизменяющей обработок;
- физические основы формирования структуры и свойств металлических материалов в результате применения той или иной технологии термической, химико-термической, термомеханической обработок.

**уметь:**

- назначать методы и режимы структуроизменяющей обработки, обеспечивающие оптимальные свойства материалов при работе конкретных деталей в определенных условиях эксплуатации;
- составлять маршрутную технологию изготовления, выбирать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию конкретных деталей, обосновать и вычертить графики режимов их предварительной и окончательной термообработки с указанием оборудования для ее осуществления,
- разрабатывать схемы и карты технологического процесса упрочнения деталей исходя из требований конструкторской документации деталей и имеющегося на предприятии оборудования;
- рационально использовать справочную литературу по выбору материалов, технологий их обработки, обеспечивающей необходимые показатели свойств;
- пользоваться современными методами исследования структуры и контроля качества термической обработки.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Студентам, обучающимся по специальности 1-3601 02 «Материаловедение в машиностроении» дисциплина «Технология термической обработки» преподается один семестр в конце которого предусмотрен экзамен, студентам специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалообработка специализации «Металловедение, оборудование и технология термической обработки металлов» дисциплина преподается два семестра, в конце первого из которых предусмотрен зачет, а в завершающем семестре экзамен.

Чтобы в процессе преподавания дисциплины хорошо усвоить учебный материал и достаточно подготовленными подойти к зачету или к экзамену студентам необходимо иметь общее представление о тематике предстоящих к изучению вопросов, и они должны познакомиться с учебной программой дисциплины. Однако в настоящее время учебная программа всего в нескольких экземплярах имеется только на кафедре «Материаловедение в машиностроении» и выдать ее студентам не представляется возможным. Поэтому представленная в методическом пособии программа является крайне необходимым разделом этого методического пособия. Кроме того для того чтобы студенты более целенаправленно подошли к изучению дисциплины им целесообразно выдать контрольные вопросы, основанные на детализированных вопросах тематики программы. Примерный перечень таких контрольных вопросов для самоподготовки к экзамену или зачёту также представлен в методическом пособии. Перед подготовкой контрольного вопроса студенту целесообразно найти в соответствующей теме учебной программы детализированные вопросы, которые и необходимо проработать и усвоить.

Важным этапом данной методической работы является разработанные 26 вариантов аттестационного комплекса контрольных вопросов на экзамене или зачёте по курсу «Технология термической обработки». Каждый вариант состоит из 3-х вопросов, охватывающих различные разделы курса, что дает возможность студентам при подготовке экзамену или зачету самостоятельно оценить уровень знаний, необходимых для получения положительной отметки.

Для закрепления знаний при изучении данной дисциплины предусмотрено выполнение лабораторных работ и практических занятий с различным объёмом часов в зависимости от специальностей 1-36 01 02 «Материаловедение в машиностроении», 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалообработка». С учётом этого кафедра выбирает оптимальную для каждой специальности тематику лабораторных работ и практических занятий, в которых предусмотрено изучение направлений использования различных видов стальных деталей в сочетании с наиболее часто используемыми на производстве видами термической и химико-термической обработок, в том числе с представлением графического отображения технологических

режимов осуществления соответствующих видов обработок.

Целью выполнения курсовой работы являются закрепление теоретических знаний в области проектирования и разработки технологических процессов термической обработки и ХТО деталей различного назначения исходя из требований конструкторской документации.

В курсовой работе в соответствии с заданием, выданным индивидуально каждому студенту, для конкретной стальной детали с приведенным комплексом механических свойств необходимо разработать технологический процесс термической обработки, обеспечивающий ее эффективное изготовление и долговечную эксплуатацию в конкретных условиях производства.

В значительной степени облегчает выполнение лабораторных работ, практических занятий, подготовки курсовой работы наличие в данном учебно-методическом пособии кратких справочных сведений по сталям, наиболее часто используемым в производстве при изготовлении различных видов деталей и технологиям их термической и химико-термической обработки.

Для углубленного изучения различных разделов дисциплины особенно при выполнении курсовой работы можно использовать техническую литературу, список которой приведен в конце данного учебно-методического пособия.

Все разделы методического пособия позволяют студентам целенаправленно подойти к изучению дисциплины, освоить необходимый учебный материал и получить положительную оценку на экзамене или зачете.

### **3. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ»**

#### **Темы и их содержание**

#### **РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.**

##### **Тема 1. Роль и место процессов термической обработки в общем технологическом цикле изготовления деталей**

Роль и перспективы термической обработки, химико-термической обработки (ХТО), термо-механической обработки (ТМО) в повышении надежности и долговечности деталей.

Классификации и общая характеристика видов термической обработки (отжиг 1 рода, отжиг 2 рода, закалка, отпуск, ХТО, ТМО), их назначение.

Классификация металлических изделий, подвергаемых термической обработке. Задачи, решаемые за счет термообработки на различных этапах технологического цикла изготовления определенных видов деталей.

Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из проката, поступающего на машиностроительные предприятия с металлургических заводов, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.

Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из деформированных заготовок, производящихся в штамповочных цехах машиностроительного предприятия, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.

Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из литых заготовок, производящихся в литейных цехах машиностроительного предприятия роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.

Типовая маршрутная технология изготовления чугунных деталей, производящихся в литейных цехах машиностроительного предприятия, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.

Разработка схемы технологического процесса упрочнения деталей исходя из требований конструкторской документации деталей и имеющегося на предприятии оборудования. Разработка карт технологических процессов термической обработки и ХТО.

##### **Тема 2. Обоснование и выбор основных технологических параметров термической обработки**

Связь технологических параметров осуществления различных видов тер-



мической обработки с диаграммами состояния.

Использование диаграмм состояния железо-углерод, железо-легирующий элемент, железо-углерод-легирующий элемент для выбора технологических параметров отжига 2 рода и закалки при изготовлении различных групп стальных изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами. Основы выбора параметров охлаждения при отжиге 2 рода и закалке сталей различного состава и назначения в зависимости от требуемых структуры и свойств на различных стадиях изготовления конкретных изделий.

Использование диаграммы состояния железо-углерод для выбора технологических параметров термообработки при изготовлении различных групп чугуновых изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.

Основы выбора технологических параметров отжига 1 рода (дорекристаллизационного, рекристаллизационного, диффузионного) в зависимости от назначения и условий эксплуатации изделий.

Основы выбора технологических параметров отпуска сталей различного состава и назначения в зависимости от требуемых структуры и свойств в конкретных условиях эксплуатации деталей.

Основы технологий высокотемпературной и низкотемпературной термомеханической обработки стальных деталей, их преимущества и технологические особенности осуществления применительно к различным видам стальных деталей

Практические методы расчета времени нагрева и выдержки деталей под термообработку с учетом различных технологических параметров, формы, размеров, степени легирования, способа передачи тепла, физико-химических и технологических свойств сред для нагрева (газ, вакуум, расплавы и др.), предварительного способа получения деталей (заготовок), способа укладки их в камере печи и др.

Возможные виды брака при нагреве и охлаждении и их профилактика.

Проблемы охраны труда и окружающей среды.

### **Тема 3. Среды для нагрева, контролируемые атмосферы**

Взаимодействия сплавов железа с газами печной среды. Виды дефектов на поверхности металлов, возникающих при нагреве деталей (заготовок) в окислительной (воздушной) среде. Процессы, протекающие при взаимодействии поверхности металлов с газами  $O_2$ ,  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ , и парами  $H_2O$ , характер протекания реакций.

Основы выбора сред для нагрева при термообработке сталей различного состава и назначения.

Преимущества нагрева в контролируемых атмосферах. Классификация контролируемых атмосфер по характеру взаимодействия с поверхностью металла. Основные требования к контролируемым атмосферам. Взрывоопасность контролируемых атмосфер и меры безопасности

Понятие об эндо- и экзогазах. Углеродный потенциал атмосферы.

Точка росы. Методы определения и регулирования углеродного потенциала. Составы наиболее применяемых атмосфер. Термическая и химико-термическая обработка в вакууме.

Нагрев в расплавах. Составы наиболее применяемых расплавов при нагреве под термообработку различных видов деталей.

#### **Тема 4. Охлаждающие среды и методы охлаждения**

Классификация сред в зависимости от изменения их агрегатного состояния и охлаждающей способности. Процессы (стадии), протекающие при охлаждении в средах с низкой температурой кипения. Требования к идеальной охлаждающей среде. Охлаждение в воде, водных растворах и эмульсиях. Применение водных растворов полимеров в качестве закалочных сред. Достоинства и недостатки сред. Применяемые методы охлаждения и оборудование.

Охлаждение в маслах. Достоинства и недостатки масел, применяемых в качестве охлаждающих сред.

Охлаждение в расплавах солей, селитр, щелочей и металлов. Назначение сред. Достоинства и их недостатки.

Охлаждение на воздухе, в нейтральных газах, с помощью металлических плит, в псевдосжиженном (кипящем) слое и области их применения.

Время и скорость охлаждения, зависимость их от вида термической и химико-термической обработки и химического состава сталей; методы расчета и практические нормативы при определении.

Применение водо-воздушных смесей для закалки изделий. Достоинства, применяемое оборудование, методы регулирования.

#### **Тема 5. Термические напряжения**

Причина возникновения временных и остаточных напряжений при нагреве и охлаждении простых и сложных по форме деталей. Характер изменения временных напряжений в области пластических и упругих (до 500°С) деформаций. Влияние скорости нагрева и охлаждения на уровень напряжений. Фазовые (структурные) напряжения при нагреве и охлаждении их вклад в общий уровень напряженного состояния. Понятия о деформации и короблении (поводке). Методы предупреждения остаточных напряжений. Ступенчатый нагрев.

Роль сред для охлаждения, применяемых при закалке и других видах термообработки углеродистых и легированных сталей в структурных превращениях, напряженном состоянии в деталях, деформациях и короблении. Методы устранения короблений. Использование сверхпластичности в момент фазовых превращений при правке (рихтовке) и заневоливании (жесткой фиксации в оправках и т.д.) для снижения остаточных напряжений и коробления. Необходимость отпуска после правки.

Технологические методы предупреждения остаточных напряжений и коробления. Методы нагрева и укладки изделий. Технологические схемы закалки, обеспечивающие пониженный уровень внутренних напряжений,

деформаций и короблений.

### **Тема 6. Основы технологии химико-термической обработки**

Преимущества и недостатки химико-термической обработки (ХТО) по сравнению с другими видами поверхностного упрочнения (наклепом, поверхностной закалкой, плазменными и гальваническими покрытиями).

Общая характеристика методов и оборудования для ХТО, применяемых на машиностроительных предприятиях. Среды для ХТО. Влияние состава среды, кинетических и технологических параметров на толщину диффузионного слоя. Особенности термической обработки деталей с диффузионными слоями. Контроль структуры и свойств слоя и детали. Виды дефектов при ХТО и способы их устранения.

Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением цементации и нитроцементации.

Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением азотирования, цианирования, карбонитрации.

Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением борирования, боросилицирования, бороалитирования.

Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением хромирования, алитирования, силицирования.

### **Тема 7. Основы технологии термической обработки изделий с применением индукционного нагрева**

Условия эксплуатации и виды деталей, изготавливаемых с применением индукционного нагрева.

Основные преимущества и физические основы индукционного нагрева металлов. Особенности структурных превращений, температурно-временных параметров, напряжений, деформаций и формируемых свойств изделий машиностроения после индукционной обработки.

Технология и оборудование термической обработки с применением индукционного нагрева токами высокой частоты для различных типов изделий.

### **Тема 8. Виды брака при термической обработке, его профилактика и контроль качества термообработки изделий**

Дефекты в слитках и заготовках (прокате), природа их возникновения. Водород в металлах, его происхождение и методы удаления. Природа флокенов в стали. Режимы термической обработки для удаления водорода в объеме металла.

Виды брака при термообработке (перегрев, пережог, структурные дефекты, трещины, коробление, окисление, обезуглероживание, угар и т.д.), после механической обработки (шлифовочные прижоги и трещины) и их профилактика.

Виды дефектов при эксплуатации термически упрочненных деталей: изменение размеров задиры, усталостные трещины, питтинги, фреттинг-коррозия (износ и схватывание при вибрационных нагрузках) и др. Причины возникновения дефектов и их профилактика.

Приборы и методы неразрушающего контроля: твердости поверхности, толщины и структуры термообработанного слоя и слоя после ХТО. Физические методы дефектоскопии металлургических, закалочных и других структурных дефектов. Экспресс-контроль технологических параметров и качества обработки в цеховых экспресс-лабораториях.

## **РАЗДЕЛ 2 . ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

### **Тема 9. Технология термической обработки заготовок, поковок, отливок на машиностроительных заводах**

Влияние методов формообразования поковок и методов нагрева перед формообразованием на дальнейшую механическую и термическую обработку. Структура, обрабатываемость и дефекты поковок.

Основы технологии термической обработки на машиностроительных заводах стальных поковок. Особенности термической обработки поковок для улучшения обрабатываемости: резанием, холодным пластическим деформированием. Особенности термической обработки поковок для исправления крупнозернистой структуры.

Основы технологии термической обработки на машиностроительных заводах стальных отливок. Особенности технологии термообработки чугунных отливок.

Очистка поковок, отливок и заготовок от окалины.

Термическая обработка сварных соединений.

Основы технологии термической обработки при изготовлении тонколистовых заготовок и деталей из них с элементами глубокой вытяжки.

Контроль качества термической обработки, виды брака и методы его устранения.

### **Тема 10. Технология термической обработки различных видов деталей машиностроения**

Детали зубчатых передач различных типов, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим стали и виды термоупрочняющих технологий. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с использованием объемного печного нагрева, упрочняемых с

использованием поверхностной и объемно-поверхностной закалки с индукционным нагревом, упрочняемых с применением цементации и нитроцементации, азотирования.

Детали подшипников качения различных типов, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим виды термоупрочняющих технологий. Основы технологии термической обработки деталей подшипников качения из сталей общего назначения, из коррозионностойких сталей, из теплоустойчивых сталей. Основы технологии термоупрочняющей обработки, виды деталей подшипников качения, изготавливаемых с применением цементации, индукционного нагрева.

Детали упругих элементов (пружины, рессоры, торсионы и др.) различных типов, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим материалы и виды термоупрочняющих технологий. Основы технологии термической обработки деталей упругих элементов из углеродистых и легированных сталей, подвергаемых закалке и отпуску. Основы технологии термической обработки деталей упругих элементов из нагортованных стальных заготовок. Особенности технологий термомеханической обработки.

Детали трансмиссии различных типов, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим материалы и виды термоупрочняющих технологий. Основы технологии термической обработки стальных и чугунных коленчатых валов, стальных и чугунных распределительных валов, полуосей, крестовин.

Основы технологии термической обработки крепёжных изделий, гильз, корпусных деталей и др. изделий.

Основы технологии термической обработки заготовок и деталей из алюминиевых сплавов.

Основы технологии термической обработки заготовок и деталей из медных сплавов.

Контроль качества термической обработки, виды брака и методы его устранения.

## **Тема 11. Технология термической обработки различных видов деталей инструментов**

Детали холоднодеформирующих инструментов различных типов, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим стали и виды термоупрочняющих технологий. Основы технологии термической обработки формообразующих деталей инструментов для холодной пластической деформации из углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей. Химико-термическая обработка данного вида инструмента.

Детали инструментов различных типов для горячей обработки, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим стали и виды термоупрочняющих технологий. Основы технологии термической обработки горячих штампов и металлоформ из полутеплостойких и теплостойких сталей. Применение водо-воздушных смесей для закалки штампов. Химико-термическая обработка гравюр штампов.

Детали режущих инструментов различных типов, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим стали и виды термоупрочняющих технологий. Основы технологии термической обработки режущих инструментов из углеродистых, низко- и высоколегированных сталей различного назначения. Типовые технологические схемы упрочнения цельного и составного инструмента. Химико-термическая обработка данного вида инструмента.

Детали измерительных инструментов различных типов, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим стали и виды термоупрочняющих технологий. Основы технологии термической обработки измерительного инструмента. Применение химико-термической обработки.

Контроль качества термической обработки, виды брака и методы его устранения.

## **Тема 12 . Технология термической обработки на металлургических заводах**

Основы технологии термической обработки слитков, заготовок непрерывной разливки стали и крупных отливок.

Основы термической обработки сортового проката и фасонных профилей из углеродистых и легированных конструкционных и инструментальных сталей.

Основы технологии термической обработки листового проката из углеродистых и легированных сталей.

Основы технологии термической обработки труб различного назначения из углеродистых и легированных сталей.

Основы технологии термической обработки проволоки из углеродистых и легированных сталей.

Контроль качества термической обработки, виды брака и методы его устранения.

### **Примерный перечень лабораторных работ**

1. Исследование влияние различных видов отжига, нормализации, улучшения углеродистых и легированных сталей на их свойства (исправление структуры сталей).

2. Исследование влияния различных видов охлаждающих сред на структуру и свойства углеродистых и легированных сталей.

3. Исследование влияние различных видов закалки (с использованием печного и индукционного нагрева) на структуру и свойства сталей различного химического состав назначения.

4. Анализ этапов технологического процесса термической обработки на различных стадиях изготовления деталей из подшипниковых сталей.

5. Анализ этапов технологического процесса термической обработки на различных стадиях изготовления деталей из холодноштамповых инструментальных сталей.

6. Анализ этапов технологического процесса термической обработки на различных стадиях изготовления деталей из горячештампных инструментальных сталей.

7. Анализ этапов технологического процесса термической обработки на различных стадиях изготовления деталей из быстрорежущих инструментальных сталей.

### **Примерный перечень тем практических занятий**

Тема 1. Выбор видов и параметров термической обработки, ХТО и ТМО для изделий из различных материалов с использованием диаграмм состояния двойных сплавов при изготовлении деталей с требуемыми свойствами.

Тема 2. Выбор видов и параметров термической обработки и ХТО для изделий из сталей и чугунов с использованием диаграмм состояний: железо-углерод, железо-углерод-легирующий элемент, железо-легирующий элемент при изготовлении различных групп деталей с необходимым структурным состоянием и свойствами.

Тема 3. Расчет времени нагрева и охлаждения при термообработке изделий различного химсостава, назначения, формы, габаритов на различных стадиях изготовления конкретных деталей в зависимости от применяемого оборудования и других технологических факторов.

Тема 4. Разработка технологии термической обработки различных видов деталей, изготавливаемых на машиностроительных заводах из сталей и чугунов.

Тема 5. Разработка технологии термической обработки различных видов деталей инструмента и технологической оснастки.

## **4. ЗАДАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**Тема 1. Выбор видов и параметров термической обработки, ХТО и ТМО для изделий из различных материалов с использованием диаграмм состояния двойных сплавов при изготовлении деталей с требуемыми свойствами.**

Задание 1.1. Используя диаграммы состояния с образованием различных типов твердых растворов для заданных сплавов обосновать возможность выполнения отжига 1 рода, отжига 2 рода, закалки, отпуска (старения), ХТО, ТМО, сформулировать задачи, решаемые в результате реализации данных видов обработок. Выбрать и отметить на диаграмме температуры нагрева под осуществляемые виды обработки с указанием как происходит охлаждение, какие структурные изменения происходят при нагреве и охлаждении, как при этом изменяются структура и свойства. Среди нескольких рассмотренных сплавов в одной из заданных диаграмм состояния обосновать выбор сплава, который за счет термообработки может упрочниться в наибольшей степени.

Задание 1.2. Также используя сплавы в диаграммах состояния с образованием устойчивых и неустойчивых химических соединений и твердых растворов на их основе, а также в других типах диаграмм состояния.

**Тема 2. Выбор видов и параметров термической обработки и ХТО для изделий из сталей и чугунов с использованием диаграмм состояний: железо - углерод, железо – углерод – легирующий элемент, железо – легирующий элемент при изготовлении различных групп деталей с необходимым структурным состоянием и свойствами.**

Задание 2.1. Используя диаграмму состояния обосновать возможность выполнения различных видов отжига доэвтектоидных, эвтектоидных, заэвтектоидных углеродистых и низколегированных сталей, сформулировать задачи, решаемые в результате реализации данных видов обработок. Выбрать и отметить на диаграмме температуры нагрева под осуществляемые виды обработки с указанием как происходит охлаждение, какие структурные изменения происходят при нагреве и охлаждении. Указать влияние легирующих элементов на температуры нагрева и скорость охлаждения при отжиге сталей, как при этом изменяются структура и свойства.

Задание 2.2. Используя диаграмму состояния обосновать возможность выполнения различных видов закалки доэвтектоидных, эвтектоидных, заэвтектоидных углеродистых и низколегированных сталей, сформулировать задачи, решаемые в результате реализации данных видов обработок. Выбрать и отметить на диаграмме температуры нагрева под осуществляемые виды обработки с указанием влияния легирующих элементов и скорости нагрева на выбор температурных режимов нагрева под закалку сталей, отметить, как происходит охлаждение, какие структурные изменения происходят при нагреве и охлаждении. Указать влияние легирующих элементов на скорость (среду) охлаждения при закалке сталей, как при этом изменяются структура и свойства.



Задание 2.3. Используя диаграмму состояния обосновать возможность выполнения различных видов термообработки при изготовлении различных групп чугуновых изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами, сформулировать задачи, решаемые в результате реализации данных видов обработок. Выбрать и отметить на диаграмме температуры нагрева под осуществляемые виды обработки с указанием, как происходит нагрев, выдержка и охлаждение, какие структурные изменения происходят при нагреве и охлаждении, как при этом изменяются структура и свойства.

Задание 2.4. Обосновать выбор температурных параметров отпуска сплавов различного химсостава в зависимости от требуемых структуры и свойств в конкретных условиях эксплуатации деталей, сформулировать задачи, решаемые в результате реализации различных видов отпуска. Указать, как происходит нагрев, выдержка и охлаждение, какие структурные изменения происходят при нагреве и охлаждении, как при этом изменяются структура и свойства.

Задание 2.5. Используя диаграммы состояния железо-углерод, железо-легирующий элемент обосновать возможность выполнения различных методов и выбор температурных параметров ХТО для повышения эксплуатационных показателей различных видов деталей с указанием, как происходит нагрев, выдержка и охлаждение, какие структурные изменения происходят при нагреве и охлаждении, как при этом изменяются структура и свойства.

**Тема 3. Расчет времени нагрева и охлаждения при термообработке изделий различного химсостава, назначения, формы, габаритов на различных стадиях изготовления конкретных деталей в зависимости от применяемого оборудования и других технологических факторов.**

Задание 3.1. Рассчитать время нагрева и выдержки под закалку стальных деталей в электрических и пламенных печах с газовой атмосферой.

Задание 3.2. Рассчитать время нагрева и выдержки под закалку стальных деталей в печах-ваннах.

Задание 3.3. Рассчитать время нагрева и выдержки под различные температурные диапазоны отпуска стальных деталей.

Задание 3.4. Рассчитать время охлаждения под закалку стальных деталей в различных видах сред.

#### **Тема 4. Разработка технологии термической обработки различных видов деталей, изготавливаемых на машиностроительных заводах из сталей и чугунов.**

Задание 4.1. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления различных видов заготовок:

- а) стальных отливок,
- б) чугунных отливок,
- в) стальных поковок и проката,
- г) сварных деталей.

Задание 4.2. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления деталей зубчатых передач:

- а) упрочняемых объемной закалкой с отпуском,
- б) упрочняемых поверхностной и объемно-поверхностной закалкой с индукционным нагревом,
- в) упрочняемых с применением цементации, нитроцементации,
- г) изготавливаемых из мартенситностареющих сталей,
- д) упрочняемых с применением азотирования.

Задание 4.3. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки различных видов деталей машин:

- а) стальных и чугунных коленчатых валов,
- б) стальных и чугунных распределительных валов,
- в) поворотных и разжимных кулаков,
- г) полуосей, крестовин, гильз, втулок и др. изделий из улучшаемых сталей,
- д) крепежных изделий.

Задание 4.4. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки различных видов пружин, рессор:

- а) изготавливаемых из углеродистых и низколегированных сталей, подвергаемых закалке и отпуску,
- б) изготавливаемых из нагортованных стальных заготовок,
- в) изготавливаемых из коррозионностойких сплавов,
- г) изготавливаемых с применением термомеханической обработки.

Задание 4.4. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вы-

чертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки различных видов деталей подшипников качения различного назначения:

- а) изготавливаемых из сталей общего назначения,
- б) изготавливаемых из коррозионностойких сталей,
- в) изготавливаемых из теплостойких сталей,
- г) изготавливаемых из цементуемых сталей.

Задание 4.4. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обосновать и вычертить графики режимов термообработки при изготовлении тонколистовых заготовок и деталей из них с элементами глубокой вытяжки:

- а) с использованием низкоуглеродистых сталей,
- б) с использованием коррозионностойких сталей аустенитного класса.

### **Тема 5. Разработка технологии термической обработки различных видов деталей инструмента и технологической оснастки.**

Задание 5.1. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки различных видов деталей материалорежущего инструмента:

- а) изготавливаемых из углеродистых и низколегированных сталей,
- б) изготавливаемых из быстрорежущих сталей.

Задание 5.2. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки различных видов деталей холоднодеформирующего инструмента:

- а) изготавливаемых из углеродистых и низколегированных сталей,
- б) изготавливаемых из высоколегированных сталей.

Задание 5.3. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки различных видов деталей штампов горячего деформирования:

- а) изготавливаемых из полутеплостойких низколегированных сталей,
- б) изготавливаемых из теплостойких высоколегированных сталей.

Задание 5.4. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки с указанием оборудования для ее осуществления, составить карту техпроцесса термообработки различных видов деталей измерительного инструмента:

- а) изготавливаемых из высокоуглеродистых низколегированных сталей,
- б) изготавливаемых из цементуемых сталей.

## 5. КУРСОВАЯ РАБОТА, ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ

В курсовой работе по дисциплине выполняется разработка технологического процесса термической обработки конкретного вида детали, которая индивидуально выдается каждому студенту.

Целью выполнения курсовой работы являются закрепление теоретических знаний в области проектирования и разработки технологических процессов термической обработки и ХТО деталей различного назначения исходя из требований конструкторской документации.

В курсовой работе в соответствии с заданием, выданным каждому студенту, для конкретной стальной детали с приведенным комплексом механических свойств необходимо разработать технологический процесс термической обработки, обеспечивающий ее эффективное изготовление и долговечную эксплуатацию в конкретных условиях производства.

Курсовая работа должна отразить следующие этапы выполнения индивидуального задания:

1. представить эскиз или чертеж конкретной детали в соответствии с индивидуальным заданием (отсутствующие в задании размеры задать произвольно), описать условия ее работы и причины выхода из строя;
2. составить маршрутную технологию изготовления, особо отметив роль и место процессов термообработки с подробным рассмотрением задач, решаемых за счет термообработки на различных этапах технологического цикла изготовления данных видов деталей;
3. из 3-4-х сталей, указанных в задании, используя справочные пособия и ГОСТы, выбрать материал, обеспечивающий при обоснованно выбранных параметрах закалки и отпуска при необходимости совместно с ХТО заданный комплекс механических свойств в сочетании при прочих равных показателях с приемлемой ценой;
4. обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки при необходимости в сочетании с ХТО, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления детали с подробным описанием режимов нагрева и охлаждения, а также используемых сред для осуществления этих процессов, указать, как при этом изменяются структура и свойства;
5. выбрать оборудование для осуществления конкретных этапов технологических процессов термической обработки и ХТО, при необходимости обосновать применение и вид контролируемой атмосферы;
6. рассчитать время нагрева и выдержки деталей до заданных температур по эмпирическим или критериальным формулам с учетом нагревательных сред,

используемых в данных видах оборудования, коэффициентов укладки деталей;

7. назначить методы входного и окончательного контроля;

8. составить карту техпроцесса термообработки, обеспечивающей надёжную и долговечную эксплуатацию детали;

9. рассмотреть виды брака, которые могут возникнуть в результате выполнении тех или иных этапов техпроцесса термической обработки и ХТО деталей с описанием причин их появления и методов их устранения.

Общий объем записки - до 40 страниц.

## **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ «ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ»**

1. Классификации и общая характеристика видов термической обработки (отжиг 1 рода, отжиг 2 рода, закалка, отпуск, ХТО, ТМО), их назначение.
2. Связь технологических параметров осуществления различных видов термической обработки с диаграммами состояния.
3. Классификация металлических изделий, подвергаемых термической обработке. Задачи, решаемые за счет термообработки на различных этапах технологического цикла изготовления определенных видов деталей.
4. Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из проката, поступающего на машиностроительные предприятия с металлургических заводов, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
5. Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из деформированных заготовок, производящихся в штамповочных цехах машиностроительного предприятия, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
6. Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из литых заготовок, производящихся в литейных цехах машиностроительного предприятия роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
7. Типовая маршрутная технология изготовления чугунных деталей, производящихся в литейных цехах машиностроительного предприятия, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
8. Использование диаграммы состояния железо-углерод для выбора технологических параметров отжига 2 рода при изготовлении различных групп стальных изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.
9. Основы выбора технологических параметров охлаждения при отжиге 2 рода сталей различного состава и назначения в зависимости от требуемых структуры и свойств на различных стадиях изготовления конкретных изделий.
10. Использование диаграммы состояния железо-углерод для выбора технологических параметров закалки при изготовлении различных групп стальных изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.
11. Использование диаграмм состояния железо - легирующий элемент, железо-углерод-легирующий элемент для выбора технологических параметров закалки при изготовлении различных групп стальных изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.
12. Среды для охлаждения, применяемые при закалке и других видах термообработки углеродистых и легированных сталей, их роль в структурных превращениях, напряженном состоянии в деталях, деформациях и короблении.
13. Технологические схемы закалки, обеспечивающие пониженный уровень

внутренних напряжений, деформаций и короблений.

14. Использование диаграммы состояния железо-углерод для выбора технологических параметров термообработки при изготовлении различных групп чугуновых изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.

15. Основы выбора технологических параметров отжига 1 рода (дорекристаллизационного, рекристаллизационного, диффузионного) в зависимости от назначения и условий эксплуатации изделий.

16. Основы выбора сред для нагрева при термообработке сталей различного состава и назначения. Характер взаимодействия сплавов железа с газами печной среды. Контролируемые атмосферы. Нагрев в расплавах.

17. Практические методы расчета времени нагрева и выдержки деталей под термообработку с учетом различных технологических параметров, среды нагрева, формы, размеров и др.

18. Основы выбора технологических параметров отпуска сталей различного состава и назначения в зависимости от требуемых структуры и свойств в конкретных условиях эксплуатации деталей.

19. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением цементации и нитроцементации.

20. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением азотирования, цианирования, карбонитрации.

21. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением борирования, боросилицирования, бороалитирования.

22. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением хромирования, алитирования, силицирования.

23. Основы технологии термообработки, условия эксплуатации и виды деталей, изготавливаемых с применением индукционного нагрева.

24. Основы технологий высокотемпературной и низкотемпературной термомеханической обработки стальных деталей, их преимущества и технологические особенности осуществления применительно к различным видам стальных деталей.

25. Условия работы различных типов деталей зубчатых передач, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим виды термоупрочняющих технологий.

26. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с использованием объемного печного нагрева.

27. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с использованием поверхностной и объемно-поверхностной закалки с индукционным нагревом.

28. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с применением цементации и нитроцементации.

29. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с применением азотирования.
30. Основы технологии термической обработки деталей подшипников качения из сталей общего назначения.
31. Основы технологии термической обработки деталей подшипников качения из коррозионностойких сталей.
32. Основы термической обработки деталей подшипников качения из теплостойких сталей.
33. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды деталей подшипников качения, изготавливаемых с применением цементации, индукционного нагрева.
34. Основы технологии термической обработки деталей упругих элементов (пружины, рессоры, торсионы и др.) из углеродистых и легированных сталей, подвергаемых закалке и отпуску.
35. Основы технологии термической обработки деталей упругих элементов (пружины, рессоры и др.) из нагортованных стальных заготовок.
36. Основы технологии термической обработки стальных коленчатых валов.
37. Основы технологии термической обработки чугунных коленчатых валов.
38. Основы технологии термической обработки стальных и чугунных распределительных валов.
39. Основы технологии термической обработки при изготовлении тонколистовых заготовок и деталей из них с элементами глубокой вытяжки.
40. Основы технологии термической обработки материалорежущего инструмента из углеродистых и низколегированных сталей.
41. Основы технологии термической обработки материалорежущего инструмента из быстрорежущих сталей.
42. Основы технологии термической обработки холоднодеформирующего инструмента из углеродистых и низколегированных сталей.
43. Основы технологии термической обработки холоднодеформирующего инструмента из высоколегированных сталей.
44. Основы технологии термической обработки крупногабаритных штампов горячего деформирования из полутеплостойких сталей.
45. Основы технологии термической обработки деталей штампов горячего деформирования из теплостойких сталей.
46. Основы технологии термической обработки измерительного инструмента.

**Примечание:** приведенный список вопросов для самоподготовки, включая в себя содержание учебной программы, может быть расширен или сокращен, а также иметь иную последовательность изучения отдельных ее разделов в соответствии со сложившейся на кафедре методикой преподавания курса для конкретной формы обучения.



## **7. ВАРИАНТЫ АТТЕСТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ НА ЭКЗАМЕНЕ ИЛИ ЗАЧЁТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ»**

### **Вариант № 1**

1. Классификации и общая характеристика видов термической обработки (отжиг 1 рода, отжиг 2 рода, закалка, отпуск, ХТО, ТМО), их назначение.
2. Основы технологии термической обработки деталей упругих элементов (пружины, рессоры и др.) из углеродистых и низколегированных сталей, подвергаемых закалке и отпуску.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей подшипников качения из сталей общего назначения.

### **Вариант № 2**

1. Использование диаграммы состояния железо-углерод для выбора технологических параметров закалки при изготовлении различных групп стальных изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.
2. Основы технологии термической обработки деталей упругих элементов (пружины, рессоры и др.) из нагортованных стальных заготовок.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей подшипников качения из коррозионностойких сталей.

### **Вариант № 3**

1. Использование диаграммы состояния железо-углерод для выбора технологических параметров термообработки при изготовлении различных групп чугуновых изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.
2. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с использованием объемного печного нагрева.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей подшипников качения из теплостойких сталей.

### **Вариант № 4**

1. Основы выбора технологических параметров дорекристаллизационного и рекристаллизационного отжигов в зависимости от назначения и условий эксплуатации изделий.
2. Основы технологии термической обработки измерительного инструмента.

3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей подшипников качения из цементуемых сталей.

### **Вариант № 5**

1. Основы выбора технологических параметров охлаждения при отжиге 2 рода сталей различного состава и назначения в зависимости от требуемых структуры и свойств на различных стадиях изготовления конкретных изделий.

2. Основы технологии термической обработки стальных коленчатых валов.

3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей материалорежущего инструмента из углеродистых и низколегированных сталей.

### **Вариант № 6**

1. Основы выбора сред для нагрева при термообработке сталей различного состава и назначения в зависимости от требуемых структуры и свойств. Нагрев в расплавах.

2. Основы технологии термической обработки чугунных коленчатых валов.

3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей материалорежущего инструмента из быстрорежущих сталей.

### **Вариант № 7**

1. Основы выбора технологических параметров отпуска сталей различного состава и назначения в зависимости от требуемых структуры и свойств в конкретных условиях эксплуатации деталей.

2. Основы технологии термической обработки стальных распределительных валов.

3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей холоднодеформирующего инструмента из углеродистых и низколегированных сталей.

### **Вариант № 8**

1. Использование диаграммы состояния железо-легирующий-элемент, железо-углерод-легирующий-элемент для выбора технологических параметров закалки при изготовлении различных групп стальных изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.

2. Основы технологии термической обработки чугунных распределительных валов.

3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей холоднодеформирующего инструмента из высоколегированных сталей.

### **Вариант № 9**

1. Характер взаимодействия сплавов железа с газами печной среды. Контролируемые атмосферы.
2. Основы технологии термической обработки материалорежущего инструмента из углеродистых и низколегированных сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей штампов горячего деформирования из полутеплостойких низколегированных сталей.

### **Вариант № 10**

1. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых поверхностной и объемно-поверхностной закалкой с индукционным нагревом.
2. Основы технологии термической обработки материалорежущего инструмента из быстрорежущих сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей штампов горячего деформирования из теплостойких высоколегированных сталей.

### **Вариант № 11**

1. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с применением цементации, нитроцементации, азотирования.
2. Основы технологии термической обработки холоднодеформирующего инструмента из углеродистых и низколегированных сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей измерительного инструмента из высокоуглеродистых низколегированных сталей.

### **Вариант № 12**

1. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, изготавливаемых с применением азотирования.
2. Основы технологии термической обработки крупногабаритных штампов горячего деформирования из полутеплостойких сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей различных видов деталей измерительного инструмента из цементуемых сталей.

### **Вариант № 13**

1. Основы технологии термической обработки деталей подшипников качения из сталей общего назначения.
2. Основы технологии термической обработки штампов горячего деформирования из теплостойких сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с использованием объемного печного нагрева.

### **Вариант № 14**

1. Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из проката, поступающего на машиностроительные предприятия с металлургических заводов, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
2. Основы технологии термической обработки деталей подшипников качения из коррозионностойких сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с использованием индукционного нагрева.

### **Вариант № 15**

1. Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из деформированных заготовок, производящихся в штамповочных цехах машиностроительного предприятия, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
2. Основы термической обработки деталей подшипников качения из теплостойких сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей измерительного инструмента из высокоуглеродистых низколегированных сталей.

### **Вариант № 16**

1. Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из литых заготовок, производящихся в литейных цехах машиностроительного предприятия роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
2. Основы технологии термической обработки при изготовлении тонколистовых заготовок и деталей из них с элементами глубокой вытяжки.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов рессор, изготавливаемых с применением термомеханической обработки.

### **Вариант № 17**

1. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды деталей подшипников качения, упрочняемых с применением цементации, индукционного нагрева.
2. Основы технологии термической обработки материалорежущего инструмента из быстрорежущих сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов пружин, изготавливаемых из нагортованных стальных заготовок.

### **Вариант № 18**

1. Типовая маршрутная технология изготовления чугунных деталей, производящихся в литейных цехах машиностроительного предприятия, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
2. Основы технологии термической обработки холоднодеформирующего инструмента из высоколегированных сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов пружин, рессор изготавливаемых из углеродистых и низколегированных сталей, подвергаемых закалке и отпуску.

### **Вариант № 19**

1. Среды для охлаждения, применяемые при закалке и других видах термообработки углеродистых и легированных сталей, их роль в структурных превращениях, напряженном состоянии в деталях, деформациях и короблении.
2. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением цементации и нитроцементации.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки чугунных распределительных валов.

### **Вариант № 20**

1. Основы технологии термообработки, условия эксплуатации и виды деталей, изготавливаемых с применением индукционного нагрева.
2. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением азотирования, цианирования, карбонитрации.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки стальных распределительных валов.

### **Вариант № 21**

1. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением борирования, боросилицирования, бороалитирования.
2. Основы технологии термической обработки материалорежущего инструмента из быстрорежущих сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки чугунных коленчатых валов.

### **Вариант № 22**

1. Практические методы расчета времени нагрева и выдержки деталей под термообработку с учетом различных технологических параметров, среды нагрева, формы, размеров и др.
2. Основы технологии термической обработки холоднодеформирующего инструмента из высоколегированных сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки стальных коленчатых валов.

### **Вариант № 23**

1. Условия работы различных типов деталей зубчатых передач, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим виды термоупрочняющих технологий.
2. Основы технологии термической обработки крупногабаритных штампов горячего деформирования из полутеплостойких сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с применением азотирования.

### **Вариант № 24**

1. Основы технологий высокотемпературной и низкотемпературной термомеханической обработки стальных деталей, их преимущества и технологические особенности осуществления применительно к различным видам стальных деталей.
2. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением азотирования, цианирования, карбонитрации.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с применением цементации, нитроцементации.

### **Вариант № 25**

1. Классификация металлических изделий, подвергаемых термической обработке. Задачи, решаемые за счет термообработки на различных этапах технологического цикла изготовления определенных видов деталей.
2. Технологические схемы закалки, обеспечивающие пониженный уровень внутренних напряжений, деформаций и короблений.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей зубчатых передач, упрочняемых поверхностной и объемно-поверхностной закалкой с индукционным нагревом.

### **Вариант № 26**

1. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением хромирования, алитирования, силицирования.
2. Основы выбора технологических параметров диффузионного отжига в зависимости от назначения и условий эксплуатации изделий.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей зубчатых передач, упрочняемых объемной закалкой с отпуском.

## 8. КРАТКИЕ СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО СТАЛЯМ, НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДЕТАЛЕЙ И ТЕХНОЛОГИЯМ ИХ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

### ЧАСТЬ 1. Стали, преимущественно используемые для изготовления деталей инструмента и технологической оснастки

#### Сталь У7

Заменители - стали: У7А, У8, У8А.

Назначение - режущий и ударный инструмент, работающий в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки или рабочей части (зубила, долота, молотки, кернеры, бородки, крейцмейсели, лезвия ножниц для резки металла, плоскогубцы, острогубцы, рашпили, топоры, колуны); детали сборного и составного инструмента (корпусы ножей сборного инструмента, оснащенного твердым сплавом, детали коловорота).

Критические точки:  $A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{c3}=770^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=250^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, % :

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,65-0,74	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка  $780^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем масло):

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
100	64
150	62
200	58
300	50
400	43

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при  $770-780^{\circ}\text{C}$ , охлаждение с печью до  $500-600^{\circ}\text{C}$  далее можно на воздухе.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате



осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 770 - 780 °С, охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем минеральное масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180- 220 °С. Структура -  $M_{отп.} + A_{ост.}$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

3. - хромирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) в порошковых смесях - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь У8

Заменители - стали: У7А, У8А, У9, У9А.

Назначение - режущий и ударный инструмент, работающий в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки или рабочей части (зубила, долота, пуансоны и матрицы для холодной штамповки, молотки, кернеры, бородки, крейцмейсели, лезвия ножниц для резки металла, плоскогубцы, острогубцы, рашпили, топоры, колуны); детали сборного и составного инструмента (корпусы ножей сборного инструмента, оснащенного твердым сплавом, корпусы листовых скоб, детали штампов для холодной штамповки, фильеры, волюки, скобы гладкие регулируемые).

Критические точки:  $A_{c1}=730^{\circ}C$ ;  $M_n=240^{\circ}C$ .

Химический состав, %:

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,75 -0,84	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 780 °С, охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем масло):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
100	64
150	62
200	60
300	50
400	46
500	40

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 770-780 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 770 - 780 °С, охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем минеральное масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180- 220 °С. Структура -  $M_{отп.} + A_{ост.}$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.
2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.
3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-

термической обработки.

## Сталь У10

Заменители - стали: У11, У12, У12А.

Назначение - инструмент, работающий в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки и без значительных ударных нагрузок (метчики ручные, развертки мелкоразмерные, рашпили, надфили, пилы для обработки древесины, матрицы для холодной штамповки, фильеры, волокнистые, гладкие калибры, скобы, топоры, колуны).

Критические точки:  $A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{cm}=800^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=220^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, % :

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,96-1,03	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка  $780^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем масло):

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
100	64
150	62
200	60
300	53
400	50
500	41

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при  $770-780^{\circ}\text{C}$ , охлаждение с печью до  $500-600^{\circ}\text{C}$  далее можно на воздухе. Структура - Пзер. +Ц<sub>2</sub>.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при  $770-780^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем минеральное масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при  $180-220^{\circ}\text{C}$ . Структура - М<sub>отп.</sub> + Ц<sub>2</sub> + А<sub>отп.</sub>.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь У12

Заменители - стали: У10, У11, У10А, У11А.

Назначение - режущий инструмент, при работе которого режущая кромка не подвергается сильному нагреву (метчики ручные, метчики машинные мелкоразмерные, плашки круглые мелкоразмерные, развертки мелкоразмерные, рашфили, надфили); измерительный инструмент простой формы (гладкие калибры, скобы гладкие регулируемые).

Критические точки:  $A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{cm}=820^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=210^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, %:

С	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
1,16-1,23	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 780 °С, охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем масло):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
100	64
150	63
200	60
250	59

300	53
400	50
450	45
500	41

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 770-780 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П<sub>зер.</sub> +Ц<sub>2</sub>.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 770 - 780 °С, охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем минеральное масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180- 220 °С. Структура - М<sub>отп.</sub> + Ц<sub>2</sub> +А<sub>ост.</sub>.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.
2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.
3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь У13

Заменители - стали: У12, У12А, У13А.

Назначение - режущий инструмент, обладающий повышенной износостойкостью при работе которого режущая кромка не подвергается сильному нагреву (напильники слесарные, напильники для затачивания пил по дереву); измерительный инструмент простой формы (гладкие пробки).

Критические точки:  $A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{c_{cm}}=830^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=205^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, %:

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
1,25-1,35	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка  $780^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем масло):

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
100	65
150	64
200	62
250	60
300	54
400	51
450	46
500	42

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при  $770-780^{\circ}\text{C}$ , охлаждение с печью до  $500-600^{\circ}\text{C}$  далее можно на воздухе. Структура - Пзер. +Ц<sub>2</sub>.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при  $770-780^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем минеральное масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при  $180-220^{\circ}\text{C}$ . Структура -  $M_{\text{отп.}} + \text{Ц}_2 + A_{\text{отп.}}$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.
2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.
3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь 45

Заменители - стали: 40, 40Х, 50, 40Г, 50Г.

Назначение в качестве инструментального материала - детали инструмента, которые должны обладать повышенной прочностью при незначительном истирании (хвостовая и крепёжная части сварного инструмента, державки резцов, корпуса и детали сборного инструмента, оснащенного пластинками твердого сплава или быстрорежущей стали, оправки, детали коловоротов); инструмент, применяемый при ручных работах (круглогубцы, молотки, гаечные ключи, отвертки).

Назначение в качестве конструкционного материала - детали зубчатых передач (шестерни, звездочки, зубчатые колеса, вал-шестерни, зубчатые венцы), коленчатые и распределительные валы, оси, кулачки, втулки, цилиндры, бандажи, шпиндели, болты, маховики и другие нормализованные, улучшаемые и подвергаемые поверхностной термообработке детали, от которых требуется повышенная прочность.

Критические точки:  $A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{c3}=802^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=255^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, %:

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,42-0,50	0,5-0,8	0,17-0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 840 °С, охлаждающая среда - вода):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
200	54
300	49
400	43
500	35
600	26
650	21

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления деталей:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 830-840 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 830-840 °С, охлаждающая среда - вода, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.

2. – боросилицирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.



## Сталь 40X

Заменители - стали: 45, 40ХН, 50, 40Г.

Назначение в качестве инструментального материала - детали и части инструмента, которые должны обладать повышенной прочностью при незначительном истирании (хвостовая и крепёжная части сварного инструмента, державки резцов, корпуса и детали сборного инструмента, оснащенного пластинками твердого сплава или быстрорежущей стали, оправки, детали клуппов и коловоротов); вспомогательный инструмент и инструмент, применяемый при ручных работах (круглогубцы, молотки, гаечные ключи, отвертки).

Назначение в качестве конструкционного материала - детали зубчатых передач, валы, оси, шатуны, кулачки, втулки, цилиндры, бандажи, шпиндели и другие нормализованные, улучшаемые и подвергаемые поверхностной термообработке детали, к которым предъявляются требования повышенной твердости, износостойкости, прочности и работающие при незначительных ударных нагрузках.

Критические точки:  $A_{c1}=743^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{c3}=815^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=245^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu
				не более			
0,36-0,44	0,5-0,8	0,17-0,33	0,8-1,1	0,03	0,03	0,25	0,2

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка  $840^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - масло):

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
200	55
300	49
400	45
500	38
600	28
650	22

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления деталей:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при  $850-860^{\circ}\text{C}$ , охлаждение с печью до  $500-600^{\circ}\text{C}$  далее можно на воздухе. Структура – П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезеро-

вание, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 850-860 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.

2. - боросилицирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь ХВГ

Заменители - стали: ХВ, ХВСГ, 9ХВГ.

Назначение - режущий инструмент, обладающий повышенной износостойкостью в условиях, не вызывающих значительного разогрева режущей кромки, инструмент, который должен обладать малой деформируемостью при термической обработке (протяжки, длинные сверла и другой инструмент с большим отношением длины к диаметру или толщине), фильеры, волоки, опорные составные валки листовых станов для горячей прокатки металла, клейма, пробойники, холодновысадочные штампы, инструмент, который должны сохранять стабильность размеров в процессе эксплуатации (измерительный инструмент: концевые меры длины, гладкие и резьбовые калибры) и другие детали.

Критические точки:  $A_{c1}=750^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{c_{cm}}=840^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=205^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, %:

С	Mn	Cr	W	Si	S	P	Cu	Ni	Mo
					не более				
0,90-1,05	0,8-1,1	0,9-1,1	1,2-1,6	0,1-0,4	0,03	0,03	0,3	0,35	0,3

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 840 °С, охлаждающая среда - масло):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
100	65
150	64
200	62
250	60
300	58
400	54
450	51
500	49

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 810-820°С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура -  $P_{\text{зер}} + K_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 820 - 840 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при 180- 220 °С. Структура -  $M_{\text{отп.}} + A_{\text{ост.}} + K_2$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а

также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь X

Заменители - стали: ШХ15, 9Х, 9ХС, ХВ, ХВГ.

Назначение - инструмент и детали, обладающие повышенной износостойкостью в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки или рабочей части (резцы для обработки мягких материалов с небольшой скоростью, детали винторезных головок, детали с высокой твердостью для приборов, кернеры, пильные цепи, штампы высадочные, волочильные доски), инструмент, который должен сохранять стабильность размеров в процессе эксплуатации (измерительный инструмент: концевые меры длины, гладкие и резьбовые калибры).

Критические точки:  $A_{c1}=745^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=210^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu
				не более			
0,95 -1,10	0,17-0,33	0,15-0,35	1,30-1,65	0,03	0,03	0,35	0,3

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка  $820^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - масло):

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
100	64
150	63
200	60
300	54
400	50
500	42

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при  $810-820^{\circ}\text{C}$ , охлаждение с печью до  $500-600^{\circ}\text{C}$  далее можно на воздухе. Структура  $-\text{P}_{\text{зер}} + \text{K}_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при  $820-840^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при  $180-220^{\circ}\text{C}$ .

Структура -  $M_{\text{отп.}} + A_{\text{ост}} + K_2$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь 9Х

Заменители - стали: 9Х2, 9ХС, Х.

Назначение: рабочие и опорные валки для холодной прокатки металлов; рабочие валки рельсобалочных, крупносортовых и проволочных обжимных и сортовых станов для горячей прокатки металлов, подвергающиеся интенсивному износу и работающие в условиях минимальных или умеренных ударных нагрузок; опорные составные валки листовых станов для горячей прокатки металла; клейма, пробойники, холодновысадочные штампы, деревообрабатывающий инструмент и другие детали.

Критические точки:  $A_{c1}=745^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{c\text{cm}}=860^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=210^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, % :

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ti	Mo	W	Ni	V	Cu
				не более							
0,85-0,95	0,15-0,40	0,25-0,45	1,4-1,7	0,03	0,03	0,03	0,20	0,2	0,35	0,15	0,30

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 820 °С, охлаждающая среда - масло):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
100	64

150	63
200	60
300	54
400	50
500	42

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 810-820°C, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура -  $P_{\text{зер}} + K_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 820 - 840 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180- 220 °С. Структура -  $M_{\text{отп.}} + A_{\text{отп.}} + K_2$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.
2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.
3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь 9ХС

Заменители - стали: X, ХВГ, ХВСГ.

Назначение: сверла, развертки, метчики, плашки, гребенки, фрезы, машинные штампели, клейма для холодных работ; ответственные детали, материал которых должен обладать повышенной износостойкостью, усталостной прочностью при изгибе, кручении, контактном нагружении, а также упругими свойствами; штампы для листовой штамповки при небольшой скорости штампования.

Критические точки:  $A_{c1}=770^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{c\text{cm}}=870^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=210^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, % :

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ti	Mo	W	Ni	V	Cu
				не более							
0,85- 0,95	0,3- 0,6	1,2- 1,6	0,95- 1,25	0,03	0,03	0,03	0,20	0,2	0,35	0,15	0,30

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка  $850^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - масло):

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
100	64
150	63
200	62
300	59
400	56
500	48

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при  $810-820^{\circ}\text{C}$ , охлаждение с печью до  $500-600^{\circ}\text{C}$  далее можно на воздухе. Структура -  $P_{\text{зер}} + K_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при  $820-850^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при  $180-220^{\circ}\text{C}$ . Структура -  $M_{\text{отп.}} + A_{\text{отп.}} + K_2$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь ХВ4Ф

Заменители - стали: ХВ5, ХВ5Ф

Назначение: резцы и фрезы при обработке с небольшой скоростью резания твердых металлов (валки с закалённой поверхностью), гравировальные резцы при очень напряжённой работе, прошивные пуансоны и т.д.

Критические точки:  $A_{c1}=755^{\circ}C$ ;  $M_n=185^{\circ}C$ .

Химический состав, %:

C	Si	Mn	Cr	W	V	P	S	Ni	Cu	Mo
						не более				
1,25-1,45	0,15-0,35	0,15-0,40	0,40-0,70	3,50-4,30	0,15-0,30	0,03	0,03	0,35	0,3	0,5

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 800 °С, охлаждающая среда - вода):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
100	66
200	65
300	64

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки



давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 800-820 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура -  $P_{\text{зер}} + K_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 800 - 820 °С, охлаждающая среда - вода, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180- 220 °С. Структура -  $M_{\text{отп.}} + A_{\text{ост.}} + K_2$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь 5ХНМ

Заменители- стали: 5ХНВ, 5ХГМ, 4ХМФС, 5ХНВС.

Назначение: молотовые штампы паровоздушных и пневматических молотов с массой падающих частей свыше 3 т, прессовые штампы и штампы машинной скоростной штамповки при горячем деформировании легких цветных сплавов, блоки матриц для вставок горизонтально-ковочных машин.

Критические точки:  $A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{c3}=780^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=230^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, % :

С	Mn	Si	Mo	Cr	Ni	S	P	Cu
						не более		
0,45-0,55	0,50-0,80	0,10-0,40	0,15-0,30	0,5-0,8	1,40-1,80	0,03	0,03	0,30

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 850°C, охлаждающая среда - масло):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
400	45
500	40
550	35
600	28

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 820-840°C, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 850 - 880 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при 480- 560 °С (чем крупнее деталь, тем выше температура отпуска). Структура - С.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 6-10 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь 5ХГМ

Заменители - стали: 5ХНМ, 5ХНВ, 5ХВС, 5ХНС, 5ХНСВ, 5ХГСВФЮ.

Назначение: молотовые штампы паровоздушных и пневматических приводов с массой падающих частей до 3 тонн, ковочные штампы для горячей штамповки, валки крупных, средних и мелкосортных станков для горячей прокатки твёрдого металла.

Критические точки:  $A_{c1}=700^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{c3}=800^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=220^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, % :

С	Mn	Si	Cr	Mo	S	P	Ni	Cu
					не более			
0,5- 0,6	1,2- 1,6	0,25- 0,60	0,6- 0,9	0,15- 0,30	0,03	0,03	0,35	0,30

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка  $860^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - масло):

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
400	37
500	32
600	27
620	25

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при  $820-840^{\circ}\text{C}$ , охлаждение с печью до  $500-600^{\circ}\text{C}$  далее можно на воздухе. Структура - П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при  $850-880^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при  $480-560^{\circ}\text{C}$  (чем крупнее деталь, тем выше температура отпуска). Структура - С.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей)

или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 6-10 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Стали 4ХМФС

Заменители - стали: 5ХНМ, 5ХНВ.

Назначение: молотовые штампы паровоздушных и пневматических молотов с массой падающих частей до 3 т при деформации легированных конструкционных и нержавеющей сталей, прессовый инструмент для обработки алюминиевых сплавов, вставки и пуансоны для высадки на горизонтально-ковочных машинах.

Критические точки:  $A_{c1}=760^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{c3}=805^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=220^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, % :

C	Mn	Si	Cr	V	Mo	S	P	Ni	Cu
						не более			
0,37- 0,45	0,5- 0,8	0,5- 0,8	1,5- 1,8	0,3- 0,5	0,9- 1,2	0,03	0,03	0,35	0,30

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 880 °С, охлаждающая среда - масло):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
300	51
400	49
500	47
600	42
650	30

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 820-

840°C, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 850 - 880 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при 480- 560 °С (чем крупнее деталь, тем выше температура отпуска). Структура - С.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 6-10 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь 4X5MФС

Заменители - стали: 4X5MФ1С, 4X4ВМФС.

Назначение: мелкие молотовые штампы, крупные (сечением более 200мм) молотовые и прессовые вставки при горячем деформировании конструкционных сталей и цветных сплавов в условиях крупносерийного производства, пресс-формы литья под давлением алюминиевых, а также цинковых и магниевых сплавов.

Критические точки:  $A_{c1}=840^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{c3}=870^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=200^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, % :

С	Mn	Si	Cr	V	Mo	S	P	Ni	Cu
						не более			
0,37-0,45	0,2-0,5	0,9-1,2	4,5-5,5	0,3-0,5	1,2-1,5	0,03	0,03	0,35	0,30

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1050 °С, охлаждающая среда масло):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
500	50
550	48
600	45
650	34

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 840-850°С, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°С в час до 500-600 °С далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 720-730 °С (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30 °/час). Структура -  $P_{\text{зep.}} + K_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 1030-1050°С, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при 580-620°С. Структура - Т.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - боросилицирование в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 900 - 950°С в течение 8-10 часов;

2 - карбозотирование в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится после окончательной термообработки при температуре 550-580 °С в течение 8-10 часов.

3 - азотирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания без воздействий динамического нагружения) в газовой среде - проводится после окончательной термообработки при температуре 550-560 °С в течение 25-30 часов;

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь 3X2B8Ф

Заменители - стали: 4X5МФС, 5X3B3МФС.

Назначение: тяжело нагруженный прессовый инструмент (мелкие вставки окончательного штампового ручья, матрицы и пуансоны для выдавливания и т.д.) при горячем деформировании легированных конструкционных сталей и жаропрочных сплавов, пресс-формы литья под давлением медных сплавов.

Критические точки:  $A_{c1}=800^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{c3}=850^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=180^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, % :

C	Mn	Si	Cr	V	W	S	P	Ni	Cu	Mo
						не более				
0,3- 0,4	0,15- 0,40	0,15- 0,40	2,2- 2,7	0,3- 0,5	7,5- 8,5	0,03	0,03	0,35	0,30	0,5

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка  $1100^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда масло):

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
600	52
620	50
650	48
675	45

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при  $840-850^{\circ}\text{C}$ , охлаждение с печью со скоростью не более чем  $30^{\circ}\text{C}$  в час до  $500-600^{\circ}\text{C}$  далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при  $720-730^{\circ}\text{C}$  (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более  $30^{\circ}/\text{час}$ ). Структура -  $\text{P}_{\text{зер.}} + \text{K}_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при  $1050-1100^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при  $580-620^{\circ}\text{C}$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - азотирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изна-

шивания без воздействий динамического нагружения) в газовой среде - проводится после окончательной термообработки при температуре 550-560 °С в течение 25-30 часов;

2. карбоазотирование в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится после окончательной термообработки при температуре 550-580 °С в течение 8-10 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь Х6ВФ

Заменители - стали: Х12Ф1, Х12ВМ.

Назначение: инструмент с высокой механической прочностью и износостойкостью (резьбонакатные ролики, резьбонакатные плашки, штампы вырубные, отрезные, дыропробивные); режущий инструмент, обладающий теплостойкостью не более 400 °С (ручные ножовочные полотна, ножи рубаночные и фуганочные, фрезы и другой инструмент для обработки древесины, ножи и ножницы для резки металлов и других материалов, бритвы опасные).

Критические точки:  $A_{c1}=815$  °С;  $A_{cm}=845$  °С;  $M_n=150$  °С.

Химический состав, %:

С	Si	Mn	Cr	W	V	P	S	Ni	Cu
						не более			
1,05-1,15	0,15-0,35	0,15-0,40	5,5-6,5	1,1-1,5	0,5-0,8	0,03	0,03	0,35	0,3

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1050 °С, охлаждающая среда - масло):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
200	61
300	58
400	57
500	56
550	53

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и



прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 850-870°C, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°C в час до 500-600 °C далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 720-730 °C (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30 °/час). Структура -  $P_{\text{зep.}} + K_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 1030-1050°C, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180- 220 °C. Структура -  $M_{\text{отп.}} + A_{\text{ост.}} + K_2$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 900-920 °C в течение 5-8 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 900-920 °C в течение 6-10 часов.

3. - хромирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) в порошковых смесях - проводится перед закалкой при 1050-1100 °C в течение 6-10 часов.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь X12

Заменители - стали: X12Ф1, X12М.

Назначение: для холодных штампов высокой устойчивости против истирания (преимущественно с рабочей частью округлой формы), не подвергающихся сильным ударным нагрузкам и толчкам, для волочильных досок и валок, глазков для калибрования пруткового металла под накатку резьбы, гибочных и формовочных штампов, сложных секций кузовных штампов, которые при закалке не должны подвергаться значительным объемным изменениям и короблению; матриц и пуансонов вырубных и просечных штампов,

штамповки активной части электрических машин и электромагнитных систем электрических аппаратов.

Критические точки:  $A_{c1}=810^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{cm}=835^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{r1}=755^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=180^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, %:

C	Si	Mn	Cr	P	S	Ni	V	Cu	W	Mo	Ti
				не более							
2-2,2	0,1-0,4	0,15-0,45	11,5-13	0,03	0,03	0,35	0,15	0,3	0,2	0,2	0,03

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка  $980^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - масло):

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
200	64
300	62
400	59
500	56

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при  $850-870^{\circ}\text{C}$ , охлаждение с печью со скоростью не более чем  $30^{\circ}\text{C}$  в час до  $500-600^{\circ}\text{C}$  далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при  $720-730^{\circ}\text{C}$  (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более  $30^{\circ}/\text{час}$ ). Структура -  $P_{\text{зеп.}} + K_1 + K_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при  $980-1050^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при  $180-220^{\circ}\text{C}$ . Структура -  $M_{\text{отп.}} + A_{\text{отп.}} + K_1 + K_2$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка: цементация (карбидизация) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится при  $940-960^{\circ}\text{C}$  в течение 10-12 часов перед закалкой.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-

термической обработки.

## Сталь X12MФ

Заменители - стали: X12Ф1, X12ВМ.

Назначение: профилировочные ролики сложной формы, секции кузовных штампов сложной формы, сложные дыропрошивные матрицы при формовке листового металла, эталонные шестерни, накатные плашки, волокни, матрицы и пуансоны вырубных просечных штампов со сложной конфигурацией рабочих частей, штамповки активной части электрических машин.

Критические точки:  $A_{c1}=810\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{cm}=860\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{r1}=760\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=225\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, %:

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	P	S	Ni	Cu
						не более			
1,45- 1,65	0,1- 0,4	0,15- 0,45	11,0- 12,5	0,4- 0,6	0,15- 0,30	0,03	0,03	0,35	0,3

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка  $1020\text{ }^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - масло):

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
200	63
300	61
400	60
500	58
550	52

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при  $850\text{--}870\text{ }^{\circ}\text{C}$ , охлаждение с печью со скоростью не более чем  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  в час до  $500\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$  далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при  $720\text{--}730\text{ }^{\circ}\text{C}$  (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более  $30\text{ }^{\circ}/\text{час}$ ). Структура -  $P_{\text{зер.}} + K_1 + K_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются

окончательной термообработке:

1. - окончательная термообработка на первичную твердость (для обеспечения необходимого комплекса свойств инструмента, рабочие поверхности которого в процессе эксплуатации могут нагреваться до 250°C) - закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1020-1050 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск при 180- 220 °С. Структура -  $M_{отп.} + A_{ост.} + K_1 + K_2$ .

2. - окончательная термообработка на вторичную твердость (для обеспечения необходимого комплекса свойств инструмента, рабочие поверхности которого в процессе интенсивной эксплуатации могут нагреваться до 450- 480 °С): закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1120-1160 °С, охлаждающая среда - масло, отпуск трехкратный по при 500 - 520 °С. Структура -  $M_{отп.} + A_{ост.} + K_1 + K_2$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - цементация (карбидизация) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится при 940- 960 °С в течение 10-12 часов перед закалкой на первичную твердость.

2. - карбоазотирование в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится при температуре 500-510 °С в течение 8-10 часов после термообработки на вторичную твердость.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь 40X13

Заменитель - сталь 30X13.

Назначение: режущий, мерительный инструмент, эксплуатирующийся в условиях воздействия коррозионно-активных сред, медицинский инструмент (скальпели, хирургические ножи с тонкой кромкой, иглы, ножницы и др.), пилы для резания органических материалов, инструмент для переработки пищевых и сельхозпродуктов, формы для литья стекла, формы для литья полимеров, вызывающих коррозию и другой вид специального инструмента, а также пружины, карбюраторные иглы, предметы домашнего обихода, клапанные пластины компрессоров и другие детали, работающие при температурах до 400-450 °С в том числе в коррозионных средах.

Критические точки:  $A_{c1}=820^{\circ}C$ ;  $A_{c3}= 870^{\circ}C$ ;  $A_{r1}=780^{\circ}C$ ;  $M_n= 170^{\circ}C$ .

Химический состав, %:

C	Cr	P	S	Si	Mn	Cu	Ni	Ti
0,36-0,45	12,0-14,0	0,03	0,025	0,8	0,8	0,3	0,6	0,03

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1000 °С, охлаждающая среда - масло):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
200	52
350	50
500	51

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления деталей:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 850-860°С, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°С в час до 500-600 °С далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 720-730 °С (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30 °/час). Структура -  $P_{\text{зep.}} + K_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1000-1050 °С, охлаждающая среда – масло, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - цементация (карбидизация) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится при 940- 960 °С в течение 10-12 часов перед закалкой.
2. - карбоазотирование в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится при температуре 500-580 °С в течение 8-10 часов после окончательной термообработки с температурой отпуска не превышающей температуру ХТО.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь Р6М5

Заменители - стали: Р18, Р12.

Назначение: универсальный инструмент нормальной производительности (резцы, сверла, фрезы, резьбовые фрезы, долбяки, развертки, зенкеры, машинные метчики, протяжки, шевера, дисковые пилы и др.), предназначенный для обработки конструкционных сталей и чугунов с твердостью до НВ 250-270 и с прочностью до 980 МПа.

Критические точки:  $A_{c1}=820^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{c_{cm}}=860^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{r1}=760^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=180^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, % :

C	W	Mo	V	Cr	S	P	Mn	Si	Ni
					не более				
0,80- 0,88	5,5- 6,5	5,0- 5,5	1,7- 2,1	3,8 - 4,4	0,03	0,03	0,4	0,5	0,4

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка  $1220^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда – масло, отпуск трехкратный):

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
200	62
300	60
400	61
500	63
560	64
600	61

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при  $850-870^{\circ}\text{C}$ , охлаждение с печью со скоростью не более чем  $30^{\circ}\text{C}$  в час до  $500-600^{\circ}\text{C}$  далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при  $720-730^{\circ}\text{C}$  (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более  $30^{\circ}/\text{час}$ ). Структура -  $P_{\text{зep.}}+K_1 + K_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при темпе-

ратуре 1220 °С, отпуск трехкратный по одному часу каждый при температуре 560 °С. Структура -  $M_{отп.} + A_{ост.} + K_1 + K_2$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

- карбоазотирование в порошковых смесях - проводится при температуре 520-550 °С в течение 0,5-1,5 часа после окончательной термообработки с температурой отпуска не превышающей температуру ХТО.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь P6M5K5

Заменители – стали: P18, P9K10.

Назначение: режущий инструмент для обработки высокопрочных нержавеющих и жаропрочных сталей и сплавов в условии повышенного разогрева режущей кромки.

Критические точки:  $A_{c1}=840^{\circ}C$ ;  $A_{cm}=850^{\circ}C$ ;  $A_{r1}=765^{\circ}C$ .

Химический состав, % :

C	Mn	Si	W	Cr	V	Co	Mo	S	P	Ni	Cu
								не более			
0,84- 0,92	0,4- 0,5	0,4- 0,5	5,7- 6,7	3,8- 4,3	1,7- 2,0	4,8- 5,2	4,8- 5,3	0,03	0,03	0,4	0,3

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1220 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск трехкратный):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
500	66
540	67
580	66
620	64
660	56

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 850-870°С, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°С в час до 500-

600 °С далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 720-730 °С (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30 °/час). Структура -  $P_{\text{зер.}} + K_1 + K_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1220 °С, отпуск трехкратный по одному часу каждый при температуре 560 °С.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

- карбоазотирование в порошковых смесях) - проводится при температуре 520-550 °С в течение 0,5-1,5 часа после окончательной термообработки.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь Р9

Заменители – стали: Р18, Р6М5.

Назначение: для изготовления режущих инструментов простой формы, не требующих большого объема шлифовки, для обработки обычных конструкционных материалов.

Критические точки:  $A_{c1}=810^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{cm}=870^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{r1}=760^{\circ}\text{C}$ ;  $M_n=180^{\circ}\text{C}$ .

Химический состав, % :

С	W	V	Cr	S	P	Mn	Si	Mo	Ni	Co
				не более						
0,85-0,95	8,5-10,0	2,0-2,6	3,5 – 4,4	0,03	0,03	0,4	0,4	1,0	0,4	0,5

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1220 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск трехкратный):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
540	65
580	64
620	61
660	54



**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 850-870°C, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°C в час до 500-600 °С далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 720-730 °С (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30 °/час). Структура -  $P_{з\text{ер.}} + K_1 + K_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1220 °С, отпуск трехкратный по одному часу каждый при температуре 560 °С. Структура -  $M_{\text{отп.}} + A_{\text{ост.}} + K_1 + K_2$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

- карбоазотирование в порошковых смесях - проводится при температуре 520-550 °С в течение 0,5-1,5 часа после окончательной термообработки.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

## Сталь P18

Заменители – стали: P12, P6M5.

Назначение: резцы, сверла, фрезы, резьбовые фрезы, долбяки, развертки, зенкеры, метчики, протяжки для обработки конструкционных сталей с прочностью до 1000 МПа, от которых требуется сохранение режущих свойств при нагревании во время работы до 600 °С.

Критические точки:  $A_{c1}=820^\circ\text{C}$ ;  $A_{c\text{cm}}=860^\circ\text{C}$ ;  $A_{r1}=760^\circ\text{C}$ ;  $M_n=120^\circ\text{C}$ .

Химический состав, % :

C	W	V	Cr	S	P	Mn	Si	Mo	Ni	Co
				не более						
0,7-0,8	17,0-18,5	1,0-1,4	3,8 - 4,4	0,03	0,03	0,4	0,4	1,0	0,4	0,5

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1280 °С, охлаждающая среда - масло, отпуск трехкратный):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
400	61
500	63
550	65
600	64

**Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления инструмента:**

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 850-870°С, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°С в час до 500-600 °С далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 730-740 °С (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30 °/час). Структура -  $P_{\text{зер.}} + K_1 + K_2$ .

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1270-1280 °С, отпуск трехкратный по одному часу каждый при температуре 560 °С. Структура -  $M_{\text{отп.}} + A_{\text{ост.}} + K_1 + K_2$ .

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

- карбоазотирование в порошковых смесях - проводится при температуре 520-550 °С в течение 0,5-1,5 часа после окончательной термообработки.

**Примечание:** в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

**Краткие обозначения структурных составляющих**

Ф - феррит

П - перлит пластинчатый

$P_{\text{зер}}$  - перлит зернистый

$C_2$  - цементит вторичный

М - мартенсит закалочный

$M_{\text{отп.}}$  - мартенсит отпущенный

$A_{\text{ост.}}$  - аустенит остаточный

$K_1$  - карбиды первичные

$K_2$  - карбиды вторичные

С - сорбит

Т - троостит

## 9. ЛИТЕРАТУРА

1. Башнин Ю.А., Ушаков Б.К., Секей А.Г. Технология термической обработки. М., Metallurgy, 1986 - 424 с.
2. Солодухин А.Г. Технология, организация и проектирование термических цехов. М., Высшая школа, 1987 - 368 с.
3. Самохоцкий А.И., Парфеновская Н.Г. Технология термической обработки металлов. М., Машиностроение, 1976-311с.
4. Соколов К.Н., Коротич И.К. Технология термической обработки и проектирование термических цехов. М., Metallurgy, 1988 - 384 с.
5. Термическая обработка в машиностроении. Справочник /Под ред. Ю.М. Лахтина, А.Г.Рахштадта. М., Машиностроение, 1980 - 783 с.
6. Колачев Б.А., Габидусин Р.М., Питузов Ю.В. Технология термической обработки цветных металлов и сплавов. М., Metallurgy, 1980 -280 с.
7. Металловедение и термическая обработка стали: Справочник, / Под ред. М.Л. Бернштейна, А.Г. Рахштадта.М., Metallurgy, 1983 - 216с.
8. Смольников Е.А. Термическая обработка инструментов в соляных ваннах. М., Машиностроение, 1981 -271 с.
9. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник / Под ред. Л.С. Ляховича. - М.. Metallurgy, 1981 – 424 с.
10. Бельский Е.И., Ситкевич М.В., Понкратин Е.И., Стефанович В.А. Химико-термическая обработка инструментальных материалов. Мн., Наука и техника, 1986 - 248 с.
11. Гордиенко А.И., Гурченко П.С, Михлюк А.И., Вегера И.И. Обработка изделий машиностроения с применением индукционного нагрева. Минск, Беларус. Навука.2009. -287
12. Немененок Б.М., Гурченко П.С, Рафальский И.В. Контроль качества продукции металлургического производства. Минск, БНТУ, 2007 - 408 с.
13. Эстрин Б.М., Шумяцкий Ю.И. Контролируемые атмосферы в производстве металлопродукции. М., Metallurgy, 1991 - 301 с.
14. Сорокин В.Г. и др. Марочник сталей и сплавов.- М.: Машиностроение, 1989 - 640 с.
15. Справочник по конструкционным материалам: справочник/ Б.Н. Арзамасов [и др.]; под ред. Б.Н. Арзамасова и Т.В.Соловьевой. - М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005 - 640 с.