

ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК

№ 4 (73)
октябрь – декабрь
2016

Республиканский межотраслевой производственно-практический журнал
Издается с июля 1998 года
Выходит один раз в три месяца

Учредитель: Общественное объединение
«Белорусское общество инженеров-механиков»
(ОО «БОИМ»)

Главный редактор Чижик С.А.

Редакционная коллегия: Андреев М.А., Дашков В.Н.,
Дубовик Д.А., Дюжев А.А., Захарик А.М.,
Колпащиков В.Л., Крупец Л.Н., Лягушев Г.С.,
Мариев П.Л., Медвецкий Е.И., Мелешко М.Г.,

Адрес редакции:

220141, Минск, ул. Купревича, 10 (ранее Жодин-
ская, 4)

тел./ факс 203-88-80; 226-73-36

E-mail: mail@boim.by

Свидетельство о регистрации № 1132 от 21.04.1998

Подписной индекс **00139**

Компьютерная верстка Н.В. Райченко

Подписано в печать 23.12.2016.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5,6. Уч.-изд. л. 4,7.

Тираж 200 экз. Заказ №

Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в ЧПТУП
«Колорград»

Лицензия ЛП № 02330/474 от 08.09.2015 г.

220033, г. Минск, пер. Велосипедный, 5, оф. 904.

www.segment.by

СОДЕРЖАНИЕ

Разработки ученых и специалистов

Нанотехнологии и аддитивные технологии – перспективы развития технологий «снизу-вверх».....	2
Необходимы технические средства для получения энергии из неликвидных целлюлозо-содержащих отходов.....	7
Технический углерод из изношенных автошин: технология и оборудование.....	9
Перспективы использования аустенитобейнитного чугуна (ADI) в Беларуси.....	16
Разработка конструкции токарного патрона для обработки деталей сложной формы.....	30
Топки для местных видов топлива.....	35
Проблемы безопасной эксплуатации лифтов на объектах строительства со свободной ланировкой помещений.....	38

Будет интересно

История появления двигателя внутреннего сгорания.....	40
---	----

Из истории авиации и караблестроения

Траектория «Стрелы».....	43
--------------------------	----

НАНОТЕХНОЛОГИИ И АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ «СНИЗУ-ВВЕРХ»

С.А. Чижик

Институт тепло- и массопереноса им. А.В. Лыкова НАН Беларуси

По определению Нобелевского лауреата Р.Фейнмана, нанотехнологии являются технологиями «снизу-вверх», когда объекты (изделия) производства формируются путем цепочки присоединений «атом к атому», «молекула к молекуле». Именно таким образом реализуется процесс роста в природе. Освоение человеком данного подхода является чрезвычайно привлекательным, но на сегодняшний день нереализуемым, хотя атомарная сборка была экспериментально продемонстрирована на небольшом количестве атомов. Масштабный уровень при манипулировании отдельными атомами делает процедуры чрезвычайно сложными, что не позволяет достичь приемлемой производительности. Основой получения продуктов наноиндустрии сегодня являются обнаруженные учеными и реализованные на практике процессы самоорганизации материи в наномасштабе. Например, при производстве углеродных наноструктур (фуллерены, углеродные нанотрубки), в инженерии поверхностей при нанесении функциональных нанопокровов и др.

В последние годы внимание ученых и еще в большей степени практиков обращено к аддитивным технологиям, технологиям 3D печати, которые, по сути, можно также отнести к технологиям «снизу-вверх». Иногда их интерпретируют как цифровые технологии. В данном случае трехмерное изделие «выращивается» по заданной программе путем последовательно присоединения элементарных объемов материала.

Существуют мнения, что парадигма развития производств на базе аддитивных технологий будет во многом определять будущее мировой экономики. Такая уверенность основана на том, что при использовании современных технологий аддитивного производства обеспечивается высокий

коэффициент использования материалов, сокращение производственных издержек и себестоимости при малых партиях, снижение энергозатрат, исключения ряда технологических операций, с возможностью перехода от массового производства к производству по индивидуальным заказам, когда все стадии реализации проекта находятся в единой конструкторско-технологической среде, обеспечивающей, как соответствие изделия проектной документации (цифровой модели), так и возможность быстрой модификации изделия. При этом процессы, используемые в аддитивном производстве могут быть реализованы в жидкой фазе (полимеры, фотополимеры) в стереолитографии, послойной наплавке, струйной печати, в порошкообразном состоянии (полимеры, керамика, металл) в селективном лазерном спекании, селективной лазерной плавке, в прямом лазерном спекании металлов, электронно-лучевой плавке, прямом нанесении металлов, точном лазерном формовании, в твердой фазе при послойном изготовлении объектов из листового материала, или при произвольном экструзионном формовании. Во многом интерес к развитию таких технологий связан с тем, что современные технологии аддитивного производства позволяют значительно уменьшить техногенное воздействие на окружающую среду. При использовании аддитивных технологий значительно сокращается количество обрабатываемого исходного материала (до 90 %), снижается энергоемкость производства и количество материала требующего переработки. Кроме того, аддитивное производство, обеспечивает возможность производства изделий непосредственно в том месте, где они нужны, и когда они нужны, сокращая издержки на складские запасы, транспортировку, хранение и логистику.

Сущность аддитивных технологий заключается в послойном синтезе или «выращивании» изделия по цифровой модели без формообразующей оснастки, создание предмета происходит путем добавления материала в отличие от традиционных технологий, основанных на удалении его излишков [1, 2]. В настоящее время реализуется новая парадигма дизайна, в том числе и молекулярного, «снизу-вверх» взамен или в дополнение развивающейся веками парадигме «сверху-вниз» [3, 4]. Авангардные технологии, помимо новых аппаратных и программных средств, оборудования и оснащения, основываются на послойном выращивании поверхностей изделий и самоорганизации структур композиционного материала [5]. Так, определяя фундамент передовых нанотехнологий, Ж.И.Алферов выделяет кроме зондовой микроскопии, эпитаксиальный рост пленок на поверхности и процессы самосборки гетероструктур материала [6].

При «непосредственном осаждении слоя» по технологиям DD (Direct Deposition), наиболее чувствительным фактором является расстояние до формируемой поверхности, а его изменение важно для стабилизации толщины при «предварительном формировании слоя» материала по технологиям BD (Bed Deposition) подразумевающим наличие некоторой платформы, на кото-

рой послойно создается материал и изделие [2, 3]. Выбор в аддитивной технологии источника энергии или подаваемого материала определяет не только технологическую среду процесса (дискретную или непрерывную), но и поверхностные явления, обеспечивающие самоорганизацию веществ.

Прямое выращивание изделий послойным синтезом материала возможно в различных агрегатных состояниях – твердом, жидком, газообразном и в разнообразных высокоэнергетических процессах [5] с объемной, множеством локализованных и единой сфокусированной зоной поглощения в зависимости от плотности мощности потоков энергии (табл.).

В процессе индукционной наплавки погружением детали в расплавленный металл объемная зона поглощения энергии распределена по всей наращиваемой поверхности. Толщина формируемого слоя определяется адгезией между расплавом и поверхностью изделия и описывается скоростью подъема детали, напряжением поверхностного натяжения и коэффициентом внутреннего трения. Максимальная толщина при обтекании расплавом ограничивается условиями потенциального течения и рассчитывается как толщина пограничного слоя, за пределами которого происходит срыв потока [5].

Таблица

Высокоэнергетические процессы послойного синтеза изделий

Процессы разделения и формирования слоев	Агрегатное состояние наносимого материала	Зоны поглощения и плотность потоков энергии, Вт/см ²	Толщина разделяемого и формируемого слоя, мм
Индукционный нагрев с припеканием и наплавка погружением	твердое (порошок), жидкое (расплав)	объемная, 10 ² ...10 ⁴	0,3...3,0
Плазменная резка, напыление и наплавка	твердое (порошок)	объемная, 5×10 ² ...10 ⁵	0,1...10
Электроэрозионная обработка и электромагнитная наплавка	твердое (порошок)	множество локализованных, 10 ³ ...10 ⁵	0,05...0,5
Электроннолучевая резка, оплавление и поверхностное модифицирование	жидкое (расплав)	единая сфокусированная, 10 ³ ...10 ⁶	1,0...10 (при термoeлектрической конвекции 0,01...1,0)
Лазерная резка, оплавление и легирование	жидкое (расплав)	единая сфокусированная, 5×10 ³ ...10 ⁷	1,0...10 (при термoeлектрической конвекции 0,01...1,0)
Ионная имплантация и осаждение	газообразное	множество локализованных, 10 ³ ...10 ⁵	0,002...0,2

Аддитивные технологии (AF – Additive Manufacturing), являются технологиями послойного синтеза, обеспечивающими практически безотходное энергоэффективное производство изделий из металлических, полимерных и композитных материалов. С момента появления в середине 80-х годов стереолитографии и технологии послойного наплавления техника аддитивного производства непрерывно совершенствовалась. По данным Wohlers Associates, современный мировой рынок аддитивных технологий с 2010-го по 2015-й увеличился ежегодно на 25-30%, превысив в 2015 году 3 млрд. долларов (40% — оборудование и материалы, 60% — оказание сервисных услуг).

Широко используемые в мировом производстве технологии послойного синтеза (представленные в хронологическом порядке) позволяют анализировать состояние и перспективы развития методов прямого «выращивания» изделий.

Стереолитография. Впервые процесс стереолитографии предложен Чарлзом Хеллом (Charles Hall) в 1984г. Технологические установки начали производиться с 1988г. В настоящее время установки по стереолитографии производятся компанией 3D Systems Inc, USA. Процесс основан на поглощении фоточувствительным полимером лазерного излучения конкретной длины волны, в результате чего происходит радикальная полимеризация (т.е. отверждение полимера). Физико-механические свойства полимера ограничивают область применения стереолитографии. Чаще всего этот процесс используют в макетном проектировании, в технологии литья по выплавляемым моделям в качестве мастер-форм, эталон-моделей, он также хорошо подходит для сборочного конструирования сложных моделей, при этом допустимо нанесение слоя резины или металла на модель.

Послойное формирование из листового материала. Послойное формирование изделий было предложено Майклом Фейгеном (Michael Feygin) в 1985г. Промышленные технологические установки LOM 1015, LOM 2030 и др. выпускаются фирмой Helisys, Кроме Helisys есть и другие производители установок: Paradigm, Sparx AB (HotPlot). При изготовлении изделий используется листовый материал, который раскраивается по заданному контуру лазерным или другим излучением, а затем скрепляется в стопке путем склеивания или пайки (сварки). Толщина листов зависит от материала и изменяется в интервале от 50 до 500 мкм. В настоящее время используются

следующие материалы: пластики, керамика, композиты. Метод может применяться для: макетного проектирования; литья по выплавляемым моделям; литья в песчаные формы; для получения гипсовых отливок; создания кремнеорганических форм; в кокильном или одноразовом литье.

Селективное лазерное спекание. Процесс лазерного спекания впервые предложен Карлом Декартом (Carl Deckard) в 1986г. Технологическое оборудование производится фирмой DTM Corp. (установки марки Sinterstation 2000 и 2500). Сущность SLS-процесса заключается в том, что порошковые материалы послойно спекаются лазерным излучением. Для этого нужны мелкодисперсные, термопластичные порошки с хорошей вязкостью и быстро затвердевающие, например: полимеры, воск, нейлон, керамика, металлические порошки. Корпорация DTM производит установки с различным числом используемых материалов: литейный воск, нейлон, поликарбонат. Развитие SLS-технологии идет по пути внедрения новых порошковых материалов, а для металлических композиционных порошков - повышения мощности лазерного излучения.

Послойное уплотнение. Метод послойного уплотнения разработан фирмой Cubital Inc. (Israel) в 1987 г. Выпускается технологическое оборудование Solider 4600 и 5600, в котором используются фоточувствительные к УФ-излучению полимеры. Процесс подобен фотокопированию. В результате использования фотографической маски все лишнее счищается и остается наэлектризованный порошок, отвечающий данному сечению синтезируемой модели. После того, как расплавленный воск скрепит наэлектризованный порошок, слой считается изготовленным. Аэродинамический уровень счищает излишки порошка, и материал может быть использован повторно, если не был облучен УФ-излучением.

Создание литьевой формы. Непосредственное создание литьевой формы было предложено Эмануилом Сайчем (Emanuel Sachs) из Массачусетского технологического института (MIT) в 1989г. Фирмой Soligen для этой технологии производится технологическое оборудование. DSPC-процесс состоит из распределения и уплотнения слоев порошка и послойного его связывания расплавом из нагреваемой принтерной головки, сканирующей по поверхности. Несвязанный порошок вокруг модели поддерживает и предохраняет ее от разрушения. По окончании процесса он удаляется. Созданные оболочки могут быть использованы в качестве литьевых

форм. Формы могут сразу включать литниковую систему для заливки расплава металла.

Экструдерная заливка расплава. Послойная заливка экструдруемым расплавом была предложена Скоттом Крапом (Scott Crump). Компания Stratasys выпускает установки с 1991г. Процесс включает: предварительный подогрев материала, а затем – заливку расплавом. Расходный материал поступает в катушках, диаметр нити – 0,127 см (его стоимость от 150 до 300 дол. США). Основной частью установки является головка, через которую подается материал. Там он предварительно подогревается до температуры плавления, дозированно подается в рабочую зону и скрепляется с предыдущим слоем. В качестве материалов чаще всего используются пластики, а толщина формируемых слоев – 50 – 750 мкм.

По результатам рассмотрения наиболее используемых методов прямого «выращивания» изделий, можно проанализировать перспективы по областям потребления продуктов, изготовленных на 3D-принтерах, и оценить состояние разработок и освоения производства оборудования, средств контрольного и программного оснащения, расходных материалов для 3D-печати в частности в Республике Беларусь.

«Бюджетные» 3D-принтеры для бытового, учебного, игрового и другого применения, чаще всего используют наиболее широко распространенную технологию FDM. Институт химии новых материалов освоил для них производство расходных полимерных материалов с необходимым комплексом свойств (состояние поставки – нить нужного диаметра на катушке, устанавливаемой в принтер). ИХНМ использует нити у себя, а также поставляет по договорам для импортных принтеров, эксплуатируемых в республике. В Институте механики металлополимерных систем им. В.А. Белого имеется большой опыт по созданию композиционных порошковых материалов на полимерной основе и изделий широкой номенклатуры из них. Сами принтеры в наиболее простой комплектации, как по механике, так и по электронному и программному оснащению (собственной разработки) готовы освоить в Институте тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова. Производство малых серий принтеров в закрытых корпусах (обеспечивающих экологичность, путем использования фильтров для выделяющихся газов), для оснащения учебного процесса вузов и школ планируют в БНТУ.

Порошковые технологии 3D печати – детали и их заготовки из композиционных материалов

в машиностроении (для потребностей авиации, космонавтики, медицины и другого) производят по технологиям, относящимся к SLS. Ввиду огромного разнообразия изделий и высоких требований к ним, создано и разрабатывается множество порошковых материалов (металлических, керамических, композиционных и других), а также технологий (зачастую комплексных) для синтеза деталей и заготовок из них. Институт порошковой металлургии (ИПМ) десять лет назад создал такую установку, для синтеза изделий медицинского назначения из порошковых металлических материалов с регулируемой пористостью, совместно с Институтом физики (лазеры) и Объединенным институтом проблем информатики (программное обеспечение). В настоящее время ИПМ участвует в крупном международном проекте по созданию порошков для селективного лазерного спекания. Работы по созданию устройств дозирования и подачи композиции порошков в принтерах ведутся на машиностроительном факультете БНТУ.

Изделия из строительных материалов (быстротвердеющих высокопрочных гипса, цемента, керамики и других, в том числе в композициях с песком) по технологии DSPC в республике пока не производятся, ввиду отсутствия оборудования и расходных материалов (в которых используются уникальные связующие). Однако работы по измельчению и активации песка и цемента, металлургических шлаков и других строительных материалов в ГНПО «Центр» ведутся при участии специалистов строительного факультета БНТУ. Механика оборудования может быть воспроизведена нашими предприятиями, но пока главный вопрос в физико-химии связующих, обеспечивающих расходным материалам уникальные свойства.

Задача создания изделия с заданным пространственным распределением физико-химических параметров по объему может быть решена выбором применяемых материалов, их структуры, характеристик технологического процесса и рабочей среды, а также созданием оптимальной математической модели температурного поля в процессе формирования слоев при воздействии движущегося локального источника тепла (экструдера с прямым или косвенным нагревом или лазерного излучения). Анализируя основные тенденции аддитивных технологий для создания изделий из ПКМ, можно утверждать, что их применение позволяет в полной мере реализовать принципы создания материалов нового поколения.

В Республике Беларусь сделаны первые шаги по освоению аддитивных технологий, выражающиеся в создании прототипов 3D принтеров, в первую очередь на базе термополимерных материалов, предложении самих расходных материалов, подготовке образовательных курсов и создании соответствующих кафедр в университетах. Проведен ряд семинаров по популяризации аддитивных технологий. Определены задачи исследований в области мехатроники и точной механики, аддитивного материаловедения. Намечены шаги по развитию технологий 3D печати для промышленных приложений. Назрела необходимость формирования научных и научно-технических программ, объединяющих усилия приборостроителей, материаловедов и IT-специалистов для интенсификации разработок и освоения в производстве аддитивных технологий.

Таким образом, проводится параллель между нано- и аддитивными технологиями. Перенос

аддитивных технологий на микроуровне может рассматриваться как переходной этап к нанотехнологиям «снизу-вверх» путем манипулирования соответствующими нано- и микрообъемами материалов. Реализация данных технологий с переходом на микроуровень возможна с использованием оборудования сканирующей зондовой микроскопии, в том числе в режиме многозондовых моделей. Актуально рассмотрение задач исследования элементарных процессов в 3D печати, изучение свойств материалов сформированных с помощью аддитивных технологий, а также отличительных особенностей при реализации элементарных процедур аддитивного производства на микроуровне. Важно создание специализированного оборудования и методик для отработки режимов 3D микропечати для формирования сенсоров различной функциональности и других объектов микроэлектромеханики (МЭМС).

Литература

- 1 Чижик, С.А. Перспективы развития технологических комплексов аддитивного синтеза композиционных материалов и формообразования изделий / С.А.Чижик, М.Л.Хейфец, С.А.Филатов // Механика машин, механизмов и материалов, 2014, №4(29). - С.68-74.
- 2 Зленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.А.Зленко, А.А.Попович, И.Н. Мутылина. – СПб: Изд. СПбГУ, 2013. – 221с.
- 3 Логачева, А.И. Аддитивные технологии производства ответственных изделий из металлов и сплавов (обзор) / А.И.Логачева, Ж.А.Сентюрина, И.А.Логачев // Перспективные материалы, 2015, №5. - С.5-15.
- 4 Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий / Под общ. ред. П.А. Витязя и К.А. Солнцева / П.А.Витязь, А.Ф.Ильющенко, М.Л. Хейфец, С.А.Чижик и др.– Минск: Беларуская навука, 2011.- 283 с.
- 5 Хейфец, М.Л. Формирование свойств материалов при послойном синтезе деталей / М.Л. Хейфец.- Новополоцк: ПГУ, 2001.- 156 с.
- 6 Головин, Ю.И. Введение в нанотехнологию / Ю.И. Головин.– М.: Машиностроение, 2003. – 112 с.

НЕОБХОДИМЫ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ ИЗ НЕЛИКВИДНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

*Вавилов А.В., д.т.н., профессор; Котлобай А.Я. к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет*

Из-за постоянного подорожания импортируемых источников энергии для Беларуси становится актуальным вопрос использования местных энергетических источников, особенно возобновляемых.

Сегодня основным в республике местным источником энергии являются дрова. Они идут на отопление частных домов и многочисленных котельных жилищно-коммунального хозяйства. Из дров производят топливную щепу, которая, в основном, используется на энергетических установках- мини-ТЭЦ, на которых получают тепловую и электрическую энергии. Прогнозируется, что в связи с проведенной реконструкцией крупных деревообрабатывающих предприятий, большие объемы дровяной древесины уйдут на производство изделий с высокой добавленной стоимостью и, естественно, потребуется альтернатива топливной щепе из дров.

Такой альтернативой являются неликвидные целлюлозосодержащие отходы, к которым относят лесосечные отходы, древесно-кустарниковую растительность, удаляемую, как ненужную, в процессе хозяйственной деятельности, а также отсортированные твердые целлюлозосодержащие коммунальные отходы, в частности старая мебель.

Такого топлива в Беларуси ежегодно накапливается несколько миллионов кубометров, но его неиспользование связано с отсутствием специальных технических средств, способных с наименьшими затратами такое топливо собрать, переработать в дробленку, пригодную для использования в энергоустановках.

К примеру, все производимые в республике рубильные машины предназначены в основном для производства топливной щепы из дров.

Для решения проблемы предлагается использовать следующие технические средства. Для срезания древесно-кустарниковой растительности (ДКР) предлагается задействовать имеющиеся на предприятиях одноковшовые гидравлические экскаваторы или приобретать выпускаемые в республике (на Амкодоре, Жлобинском РМЗ), оборудовав их вместо ковша «обратная лопата», срезающе-пакетирующим рабочим органом (рис.1). С его помощью срезается не один ствол, а несколько, и все они выкладываются вместе для последующего сбора и доставки к рубильной машине с помощью погрузочно-транспортных агрегатов, выпускаемых на Мозырском машиностроительном заводе (см. обложку, фото 1). Выпуск срезающе-пакетирующих рабочих органов, на наш взгляд, может освоить ОАО «Амкодор» – Управляющая компания холдинга.

Получать дробленку топливную из ДКР можно на отечественных рубильных машинах Амкодор или МР-25 (Мозырский машиностроительный завод), оборудованных бункером-накопителем (см. обложку, фото 2), способным накопленную дробленку перегружать в съемные контейнеры базовых машин, типа МАЗ, оборудованных системой «мульти-лифт» (см. обложку, фото 3), доставляющих топливо на энергетические установки [1,2].

Для измельчения в дробленку старой мебели нужны рубильные машины – шредеры, оборудованные барабаном-измельчителем молоткового типа и отделителем металлических предметов. Такую рубильную машину необходимо создать и освоить выпуск на отечественных машиностроительных предприятиях.

Поскольку старая мебель в основном изготавливалась из древесно-стружечных плит (ДСП), на производство которых задействованы экологи-

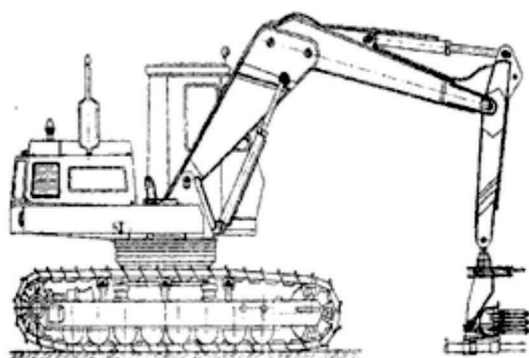


Рис. 1. Срезающе-пакетирующая машина на базе экскаватора ЭО-3223

чески небезопасные связующие (типа фенолформальдегидных смол) нами рекомендуется полученную дробленку в качестве топлива направлять на газогенераторные установки, где благодаря пиролизу, образуемый дым не содержит вредных веществ [3], отравляющих окружающую среду.

Еще одним серьезным источником неликвидных целлюлозосодержащих отходов является неликвидная биомасса приусадебных участков. Это постоянно обрезанные плодовые деревья, кустарник, древесные отходы строительства и т.д.

Нами предлагается технические средства для

производства бытовых топливных брикетов из таких отходов, выпуск которого целесообразно освоить в республике. Одно такое техническое средство может обслуживать несколько дачных поселков и деревень, обеспечив дачников и сельское население своим высококалорийным экологически чистым топливом.

Все предлагаемые технические средства позволяют не только реально создать альтернативу дровам и торфу, которые лучше направлять на более глубокую выгодную переработку, но одновременно решить экологические проблемы

Список использованных источников

1. Вавилов, А.В. Пеллеты в Беларуси: производство и получение энергии: монография // А.В. Вавилов. – Минск: Стринко, 2012. – 160 с.
2. Вавилов, А.В. Брикетты из возобновляемых биоэнергоисточников: монография // А.В. Вавилов. – Минск: Стринко, 2013. – 77 с.
3. Вавилов, А.В. Получение энергии из неликвидных целлюлозосодержащих отходов: сб. материалов 2-го Белорусско-Прибалтийского форума // А.В. Вавилов. – Минск, 2016. – с.16.

УДК 536.246.2

ТЕХНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД ИЗ ИЗНОШЕННЫХ АВТОШИН: ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ

*Г.И. Журавский**Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси*

Актуальность проблемы

Известно около 30 компаний, которые принимали попытки создать оборудование для пиролизной переработки резинотехнических отходов. Однако до настоящего времени не удалось разработать технологический процесс и оборудование, основанные на процессе пиролизного разложения отходов, которое обеспечивало бы высокое качество получаемых продуктов, энергетическую эффективность, безопасность и хорошие экологические показатели.

Были построены различные виды реакторов:

– вертикальные шахтные (Фирма «Тайролиз» в 1984 г. ввела в действие первую в Великобритании полномасштабную установку пиролиза изношенных шин. Она располагалась в местечке Фор – Эшед, в центральной части Великобритании. Производительность установки 50 тыс. тонн шин в год. Стоимость около 40 млн долларов США. По экономическим (низкая стоимость продуктов переработки), техническим (межремонтный пробег установки для резки шин всего 3 недели), экологическим причинам (выбросы в окружающую среду продуктов сжигания на факел газов пиролиза) в настоящее время данное оборудование не используется);

– вращающиеся барабанные (Японская компания «Cobe Steel» создала установку для пиролиза измельченных шин во вращающейся барабанной печи. Необходимое для пиролиза тепло подводилось к отходам через стенки барабана. В результате отложений кокса на стенках происходило прогорание барабана и выход печи из строя.)

– термоконтактные (Немецкая компания в г. Эбенхаузен построила реактор с кипящим слоем, в котором подвергались пиролизу изношенные шины. В данном случае тепло к отходам подводилось непосредственно в реакторе от разогретого

слоя кварцевого песка, что позволило существенно (в несколько раз) интенсифицировать подвод тепла непосредственно к отходам. Однако, из-за технических проблем оборудование в настоящее время не эксплуатируется.

Одной из проблем пиролизной переработки резинотехнических отходов является низкое качество получаемых продуктов, в частности, технического углерода, который требует специальной доработки для получения коммерческого продукта. Именно по этой причине, а также ряду обстоятельств, связанных с неэффективными теплотехническими решениями при создании реакторов потерпели неудачу попытки известных компаний создать экономичное оборудование для пиролиза изношенных шин (Kobe Steel в Японии, Tosco в США, Tyrolysis в Англии, Ebenhausen в Германии).

Впервые твердые углеродсодержащие продукты пиролиза резинотехнических отходов (изношенных автошин) начали использовать на некоторых заводах Японии для производства резиновых смесей. Изготавливались диэлектрические резиновые боты, велосипедные шины и ободная лента.

Испытания показали, что резиновая смесь на основе углеродсодержащих продуктов пиролиза изношенных шин имеет меньшую прочность на разрыв (17,6 МПа), меньшую величину сопротивления раздиру (380 Н/см) по сравнению с резиновой смесью на основе товарного технического углерода марки HAF-LS (прочность на разрыв – 18,2 МПа; сопротивление раздиру – 440 Н/см). Несмотря на это, сделан вывод о том, что получаемый углерод может применяться для изготовления некоторых резиновых изделий.

Твердые продукты пиролиза резинотехнических отходов содержат значительное количество

неорганических составляющих (зола). Как показывают исследования, зола твердых продуктов является частично растворимой. Поэтому одним из вариантов снижения зольности твердых продуктов является их обработка водой. Но значительное количество золы представляет собой неорганические нерастворимые соединения.

Основными представителями неорганической составляющей в твердых продуктах являются ZnO , ZnS , SiO_2 , Al_2O_3 , $CaCO_3$, окислы железа. Состав неорганических составляющих зависит от температуры термического разложения. Например, концентрация ZnO с ростом температуры уменьшается, а концентрация ZnS увеличивается. Очевидно, что ZnS может образоваться в результате реакции $ZnO + S \rightarrow ZnS + 1/2 O_2$. Часть серы удаляется при деструкции органических сернистых соединений.

Образование ZnS является очень важным потому, что данное соединение формируется в виде индивидуальных частиц с намного более высокой плотностью, чем частицы углерода и это обстоятельство может быть использовано при разделении соединений цинка и углерода путем флотации.

Одним из вариантов использования жидких продуктов пиролиза резиновых отходов для производства резин является получение на их основе пластификаторов путем выделения фракции с температурой кипения выше $350\text{ }^\circ\text{C}$ [1].

Предпринимались также попытки использовать в качестве наполнителей для каучуков суспензию твердых продуктов пиролиза резиновых отходов в жидких.

Однако, качественные показатели (зольность, выход летучих, содержание серы и цинка, дисперсность, удельная поверхность и др.) твердых и жидких продуктов пиролиза резиновых отходов изменяются в значительных пределах (в зависимости от состава исходного сырья). В связи с этим не представляется возможным на основе таких продуктов без технической сложной и дорогостоящей переработки получить высокосортные сырье со стабильными качественными показателями.

Поэтому в настоящее время в мире интенсивно проводятся работы, направленные на создание комплексных технологических процессов и оборудования, которые обеспечили бы возможность возврата продуктов пиролиза резиновых отходов (твердых и жидких) в резинотехническую промышленность в качестве заменителей высокосортного технического углерода, пластификато-

ров и других дорогостоящих ингредиентов резиновых смесей.

Технология производства углерода

При изготовлении резиновых смесей используется технический углерод, который является одним из основных ингредиентов. Термолиз резины при температурах до $500\text{--}600\text{ }^\circ\text{C}$ практически не оказывает влияния на качественные показатели технического углерода, содержащегося в твердых продуктах разложения. Дальнейшее повышение температуры в присутствии водяных паров в реакторе приводит к интенсификации процессов взаимодействия углерода с водяным паром, в результате которого часть углерода расходуется на образование оксида углерода и при этом снижаются качественные показатели технического углерода.

Известно, что твердые продукты пиролиза содержат значительное ($10\text{--}15\%$) золы и некоторое количество ($5\text{--}15\%$) летучих продуктов (углеводородов, которые остаются в твердых продуктах после пиролиза отходов).

Твердые продукты с такими показателями не пригодны к использованию в качестве технического углерода. Поэтому данные продукты необходимо дополнительно обрабатывать, что представляет значительные технические сложности. В первую очередь, потому, что частицы золы в твердых продуктах связаны (соединены) с частицами углерода и требуется дополнительная технологическая операция (длительное механическое измельчение с большими энергетическими затратами) для разделения частиц золы и углерода, что бы на последующих стадиях отделить высокосортный технический углерод, который использовался при изготовлении резины, от частиц золы.

Представляется перспективным использовать термический метод разделения частиц золы и углерода и удаления летучих продуктов, сущность которого состоит в следующем.

Осуществляется термическое разложение смеси жидких продуктов (жидкой фракции термолиза отходов) с углеродным остатком, что позволяет одновременно с получением технического углерода (образуется в результате термического разложения жидких продуктов) осуществить прогрев и прокаливанию углеродного остатка. В результате прогрева и прокаливанию углеродного остатка из него удаляются остаточные летучие продукты, выгорают сернистые соединения, разрушаются сродки частиц золы и углерода, происходит измельчение частиц углеродного остатка.

Данные эффекты приводят к тому, что углеродный остаток обогащается углеродом и снижается содержание водорода, т.е. устанавливается требуемое по показателям качества атомное отношение водорода к углероду (H:C). В противном случае (при более высоких значениях атомного отношения водорода к углероду) углеродный остаток будет представлять собой не технический углерод, а кокс [2].

Для оценки возможности применения жидких продуктов термоллиза резиновых отходов, в качестве сырья для получения высокосортной сажи (технического углерода) выполнен анализ жидкой фракции термического разложения изношенных шин и на основании данного анализа произведена оценка качества данной фракции. Установлено, что в состав исходной жидкой фракции термоллиза резиновых отходов входят масла (74,31 %), смолы (8,8 %), асфальтены 1,8 %, парафин 2,31 %, а коксумость исходной составляет 0,7 % при допустимых 1,5. На основании этого можно сделать вывод, что по компонентному составу (низкое содержание смол и парафина), коксумости, содержанию серы (0,75 % при допустимых 2,5 %) и содержанию воды (0,12 % при допустимых 1–1,5 %) исходная жидкая фракция может рассматриваться как потенциальное сырье для получения технического углерода.

Для получения из жидкой фракции качественного сырья, которое может быть использовано при производстве технического углерода необходимо произвести разделение исходной фракции на составляющие.

Рассмотрен вариант разделения исходной жидкой фракции на две составляющие: легкую

фракцию с температурой кипения до 200 °С и тяжелую фракцию с температурой кипения в интервале 200–400 °С (фото 1).

Количество легкой фракции, которая представляет собой аналог бензина, достигает величины 18 масс.%. Данная фракция, в первую очередь, может использоваться для получения моторных топлив. Расчеты показывают, что содержание водорода в тяжелой фракции снижается в сравнении с исходной жидкостью и составляет 9,37 %, а содержание углерода повышается до величины 88,98 % [3].

Таблица 1

Физико-химические характеристики жидких фракций

Характеристики	Фракция	
	бензиновая	Широкая
Внешний вид	Желтая жидкость	Темно-коричневая жидкость
Выход из сырья, масс. %	18,76	80,07
Плотность, кг/м ³	829,7	936,9
Содержание серы, масс. %	0,57	0,90
Октановое число	122	–
Йодное число	33,8	26,1
Начало кипения, °С	65	205
Конец кипения, °С	197	360
Температура вспышки в закрытом тигле, °С	37	104
Теплота сгорания, кДж/кг	41 000,0	39 000,0

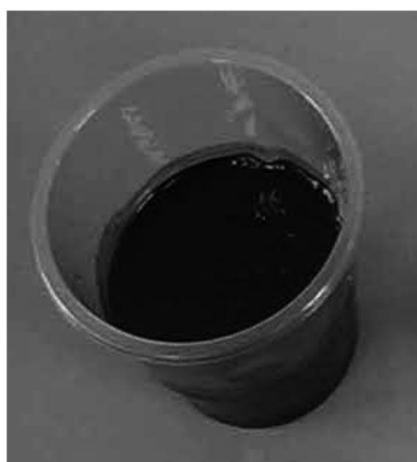


Фото. 1. Фракция с температурой кипения 205–360 °С (слева) и фракция с температурой кипения 65–197 °С (аналог бензина)

Таким образом, тяжелая фракция (диапазон кипения 200–400 °С) жидких продуктов термолитического разложения изношенных шин по основным показателям (табл. 2) удовлетворяет требованиям, предъявляемым к качественному жидкому сырью для производства технического углерода печным способом.

Таблица 2

Показатели жидких продуктов термолитического разложения автошин

Показатель	Стандарт	Фактическое значение
Отношение Н:С	1–1,2	1,26
Характеризующий фактор	8–9	7,4
Индекс корреляции	95–105	63
Коэффициент ароматичности	140 – 170	144
Коксуемость	не выше 1,5	0,70
Содержание серы	до 2,5 %	0,75
Содержание воды	до 1,5%	0,12
Содержание смол	до 9,0	8,8
Содержание асфальтенов	до 10,0	1,8
Содержание парафинов	до 7,0	2,31

Известно, что технический углерод образуется только из газовой или паровой фазы исходного сырья. Это означает, что жидкое сырье, которое подают в реактор для производства технического углерода должно испаряться с высокой скоростью, в противном случае вместо технического углерода будет образовываться кокс.

Исходя из механизма образования технического углерода, предложен процесс получения его из продуктов термолитического разложения изношенных шин (смеси жидких и твердых – композитной смеси).

Для получения продуктов разложения отходов и приготовления композитной смеси разработан технологический процесс, который аппаратно оформлен в виде мобильного комплекса, размещенного (рис. 1) на трех автомобильных полуприцепах увеличенного объема.

На одном полуприцепе размещается камера термолитического разложения с примыкающими к ней по обе стороны через герметичные затворы шлюзовыми камерами; контейнеры для обрабатывае-

мого материала, которые находятся внутри камеры; специальный газовый теплообменник; циркуляционный вентилятор; соединительные трубопроводы; пульта управления всей установкой.

На втором полуприцепе находится вспомогательное оборудование для обработки пара и воды. Оно включает в себя конденсатор с емкостями для слива и разделения получаемых при термолитическом разложении резины жидких продуктов, насосы для перекачки жидкостей. Кроме того, здесь находится блок для охлаждения воды и используемой для охлаждения пара в конденсаторе; блок для очистки воды; парогенератор с питательным баком; дымосос; бак для жидкого топлива.

На третьем полуприцепе располагается оборудование для обработки получаемого в процессе термолитического разложения резины твердого остатка и приготовления композитной смеси. Это оборудование состоит из транспортеров, дробилки, мельницы, магнитного сепаратора, смесителя.

Технологический процесс получения высокосортного технического углерода из продуктов термолитического разложения резинотехнических отходов включает практически все основные стадии (операции) производства технического углерода из жидкого сырья. Однако при этом необходима модернизация отдельных элементов оборудования (оборудование подготовки сырья, реакторный блок и блок выделения углерода из парогазовых продуктов).

Принципиальная технологическая схема получения высокосортного технического углерода из продуктов термолитического разложения резинотехнических отходов приведена на рис. 2.

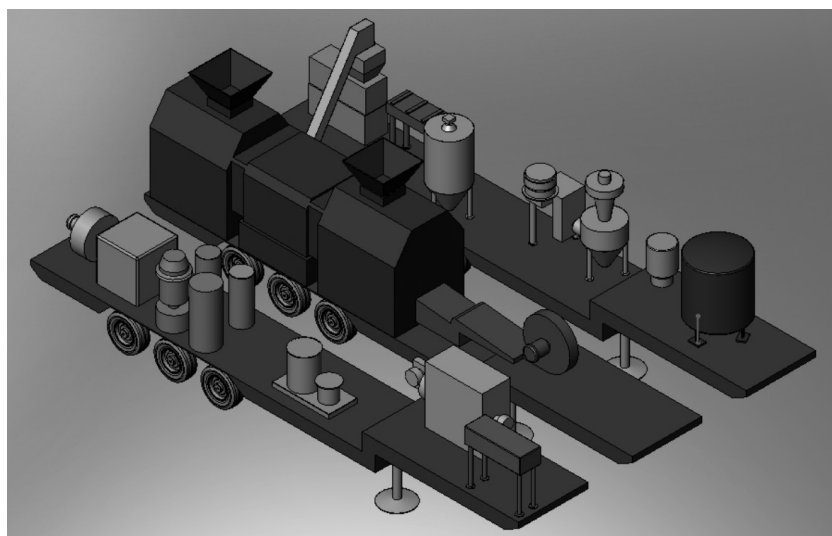


Рис. 1. Мобильный комплекс УТРО-500

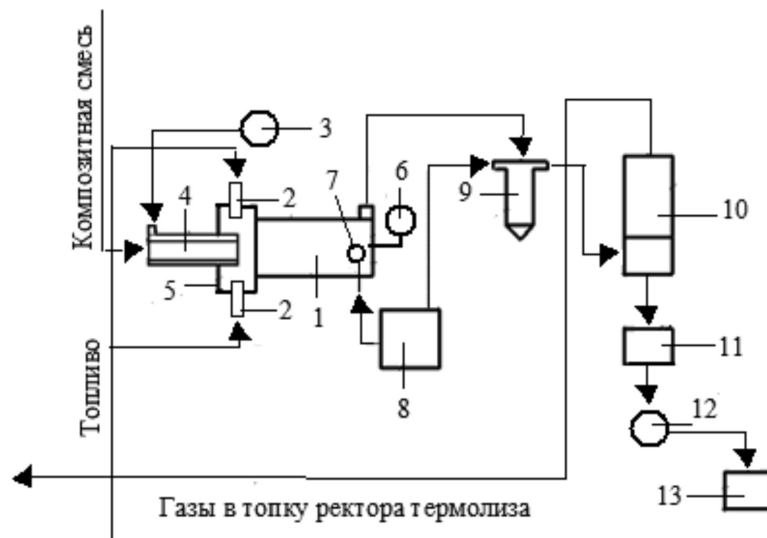


Рис. 2. Технологическая схема получения технического углерода из композитной смеси:

1 – реактор; 2 – горелки; 3 – воздуходувка; 4 – форсунка для подачи композитной смеси в реактор получения технического углерода; 5 – камера горения; 6 – датчик температуры; 7 – водяная форсунка; 8 – емкость с водой; 9 – циклон; 10 – фильтр; 11 – накопитель технического углерода; 12 – вентилятор; 13 – склад углерода

Композитную смесь из накопительной емкости подают в камеру горения 5 реактора 1 с помощью форсунки 4. Одновременно в горелки 2 подают топливо, а от вентилятора 3 в горелки 2 подают воздух, необходимый для сжигания топлива. В результате сгорания топлива образуется вихревой факел, в который из форсунки 4 поступает композитная смесь.

Часть композитной смеси сгорает, а часть термически разлагается с образованием сажи. Газовый поток протекает по реакционной камере реактора 1. Из емкости с водой 8 через форсунку 7 в реакционную камеру распыляют воду и охлаждают газовый поток до температуры 600–700 °С, что контролируют по показаниям датчика температуры 6. Охлажденный газовый поток далее направляется в циклон 9, куда из емкости 8 распыляют воду, в результате чего поток охлаждается до температуры 50–60 °С. Затем охлажденный поток подают в фильтр 10, где отделяют технический углерод от газов. Газы подают на сжигание в топку реактора термоллиза и сжигают, что позволяет снизить расход топлива, расходуемого на процесс термоллиза. Технический углерод из фильтра 10 направляют в емкость 11, из которой с помощью вентилятора 12 технический углерод подают на склад 13.

В реакторе 1 протекает неполное сгорание смеси, в результате чего за счет выделяющейся теплоты происходит термическое разложение углеводородов, содержащихся в жидкой фракции, образуется технический углерод и горючие газы.

Углерод твердого остатка частично сгорает, а частично нагревается до температуры 1100 °С и при этом из углеродного остатка удаляются остаточные углеводороды и сернистые соединения, за счет чего развивается удельная поверхность.

Исследования показывают, что при использовании композитной смеси продуктов термоллиза резинотехнических отходов в качестве сырья может быть получен высокосортный технический углерод в количестве (в расчете на 1000 кг смеси) 396 кг (106 кг из жидкой фракции и 290 кг из твердых продуктов).

Технологический процесс переработки изношенных автошин включает три стадии: паровой термоллиз шин, получение композитной смеси твердых и жидких продуктов разложения шин, производство технического углерода, как из композитной смеси, так и из жидких продуктов.

Таким образом, в результате исследований подтверждена возможность получения высокосортного технического углерода из твердых и жидких продуктов термоллиза изношенных автошин. Это является обоснованием нового направления практического использования продуктов пиролиза резинотехнических отходов. До настоящего времени жидкие и твердые продукты пиролиза резинотехнических отходов не находили широкого практического применения по причине низкого качества, а использовались в основном как заменители топлив и низкосортные наполнители для производства ответственных резинотехнических изделий.

Все это не позволяло создать коммерческое оборудование для переработки широкого спектра резинотехнических отходов с получением ценных продуктов, имеющих спрос на рынке.

Оборудование переработки изношенных автошин

Паровой термолиз изношенных автошин и получение композитной смеси твердых и жидких продуктов разработаны в ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси» [3–8].

По приглашению французской стороны сотрудники Института демонстрировали новую технологию переработки изношенных шин на территории предприятия «AIRBUS» (г. Тулуза) с целью оценки энергетической и экологической эффективности.

Положительные результаты демонстрации технологии во Франции позволили заключить и реализовать лицензионный договор между Институтом (Лицензиар) и Обществом с ограниченной ответственностью АЛЬФА РЕЦИКЛАЖ ФРАНС КОНТЕ (Лицензиат) на передачу права на использование ноу-хау (информация о технологии переработки изношенных шин методом парового термолиза и о конструкции оборудования, реализующего передаваемую технологию). Договор зарегистрирован в Национальном центре интеллектуальной собственности Республики Беларусь 17 августа 2010 г. № 4327.

В результате сотрудничества с компанией АЛЬФА РЕЦИКЛАЖ ФРАНС КОНТЕ в 2014 году создано и поставлено оборудование термолизной переработки изношенных автошин (см. обложку, фото 1).

Данная компания является членом Союза предприятий Франции по переработке шин, вторым по значению экологическим органом, уполномоченным производителями шин отвечать за сбор и переработку изношенных шин в соответствии с существующим законодательством.

АЛЬФА РЕЦИКЛАЖ ФРАНС КОНТЕ использует площадку, расположенную в производственной зоне СИКТОМ в г. Доле, для измельчения изношенных шин в количестве 15 000 т/год.

Поставленное оборудование состоит из двух паротермолизных линий с минимальной производительностью по 1 т/ч измельченных шин каждая, объединенных с одной общей линией переработки углерода, одной общей линией по сепарации и накоплению термолизного топлива и одной общей системой обработки газовых и водных выбросов. В расчете на 330 дней работы,

перерабатываемое количество шин составляет 15 840 т в год.

Комплекс включает оборудование для термолизной переработки, оборудование по доведению жидких углеводородных фракций до требуемых показателей качества (температуры вспышки в закрытом тигле не ниже 55 °С), оборудование для очистки водяного конденсата, оборудование системы обработки атмосферных выбросов, оборудование системы управления технологическими процессами, оборудование обеспечения безопасности при работе, градирню, оборудование контроля качества продуктов термолизной переработки.

Производимый на данном предприятии технический углерод был испытан в качестве заменителя высокосортного технического углерода при производстве резинотехнических изделий. Партия технического углерода в количестве 400 кг была поставлена компанией

АЛЬФА РЕЦИКЛАЖ ФРАНС КОНТЕ на ОАО «Чеховский регенераторный завод» (г. Чехов, Московская область) в 2016 году с целью отработки рецептур резиновых смесей.

В условиях производства РТИ были вулканизированы плиты дорожные размера 500 × 250 × 40 мм. Вся партия опытной резиновой смеси переработана на изготовление резиновых деталей – «Дорожных плит» и «Лежачий полицейский», прошла испытания и сдана заказчику (см. Таблица 3, фото 2 на обложке)

Таким образом, в условия промышленного производства отработаны рецептуры резиновых смесей при полной замене серийного технического углерода на технический углерод из изношенных автошин, произведены резинотехнические изделия, удовлетворяющие установленным требованиям, и, тем самым, обоснована возможность использования в резинотехнической промышленности технического углерода из изношенных автошин.

Таблица 3

Технические характеристики оборудования

Показатели	Значения
Производительность, кг/ч	2000
Температура переработки, 0С	не более 450
Давление в реакторе, Па	не более 100
Расход водяного пара, кг/ч	500 – 600
Тепловая мощность топки, кВт	580 – 600
Расход топлива, кг/ч	не более 150
Тепловая эффективность, %	не менее 70

Таблица 4
Показатели резиновых смесей
(три партии, каждая по 220 кг)

Наименование показателей	Фактически	Норма контроля
Прочность, кгс/см ²	24, 25, 27	не менее 25
Относительной удлинение, %	150, 150, 140	не менее 100
Твердость по Шору А, усл.ед.	61, 60, 59	не менее 60

Резиновые смеси со 100 % заменой технического углерода П 803 на технический углерод из изношенных автошин полностью соответствуют требованиям стандартов.

Перспективы промышленного использования технологии

На протяжении ряда последних лет коллективом сотрудников Института тепло – и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси и ООО «НПО Инноватех» (г. Санкт-Петербург) разрабатывалась технология термоллиза изношенных автошин, основанная на свойствах органических



Фото 2. На церемонии подписания соглашения о намерениях: губернатор Георгий Полтавченко (справа) и генеральный директор ООО «НПО Инноватех» Алексей Градов (июнь 2016 года)

соединений подвергаться деструкции при нагревании. В течение этого времени были найдены новые технические решения, позволяющие «нейтрализовать» агрессивную среду в реакторе путем подачи водяного пара на стадии термического разложения отходов и тем самым снизить воздействие вредных соединений и их выход в рабочую зону. В результате была обоснована концепция «парового термоллиза», т. е. использования водяного пара, как эффективного теплоносителя и инертной среды для снижения образования экологически опасных соединений и возможности получения ценных конечных продуктов, которые могут быть сертифицированы как заменители технического углерода для резинотехнической промышленности.

Руководство ООО «НПО Инноватех» на Петербургском международном экономическом форуме (ПМЭФ) выступило с инициативой строительства завода для переработки изношенных автомобильных покрышек. В результате подписано соглашение о намерениях. При этом органы власти представляли губернатор Георгий Полтавченко и заместитель министра промышленности Виктор Евтухов.

Инвестиции должны составить около 900 млн рублей РФ, будет создано 100 новых рабочих мест и решена проблема с залежами изношенных автошин, которых только на полигоне «Красный Бор» под г. Санкт-Петербург скопилось более 17 тысяч тонн.

В настоящее время «НПО Инноватех» готовит пакет документов для присвоения стратегического статуса проекту завода по переработке шин.

Непосредственное участие в реализации данного проекта будут принимать сотрудники Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, как основные разработчики технологического процесса.

Список использованных источников

1. Способ получения мягчителя резиновой смеси: патент РФ. № 2325409 / Миничалиев Т.Б., Дорожкин В.П., Сухова Д.А. Оpubл. 27.05.2008г. БИ № 6.
2. Сюняев З.И. Нефтяной углерод, М.: Химия, 1980, с.21
3. Паровой термоллиз органических отходов / Д.В. Аристархов и [и др.]; под ред. акад. О.Г. Мартыненко. – Мн.: ИТМО им. А.В. Лыкова, 2001. – 135 с.
4. Математическая модель термодеструкции изношенных автомобильных шин в среде перегретого водяного пара / В.А. Бабенко [и др.]// Инженерно-физический журнал. – 2009. – Т.82, №1. – С.114 – 126 .
5. Steam Thermolysis of Technical Rubber Material / Henadz Zhurauski [etc.] // Rabber: Types, Properties and Users. Nova Science Publishers. – 2011. – Pp. 531–548.
6. Аристархов, Д.В. Технологии и оборудование для переработки резинотехнических отходов / Д.В. Аристархов, Г.И. Журавский. – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, Germany. – 2012. – 124 с.
7. Журавский, Г.И. Технологии и оборудование для переработки резинотехнических отходов / Г.И. Журавский, Д.В. Аристархов, А.С. Матвейчук // Экология и промышленность России. – Апрель 2012. – С.4 – 7.
8. Журавский, Г.И. Топливо из отходов / Г.И. Журавский // Наука и инновации, 2012. – № 9. – С. 10–13.

Перспективы использования аустенито-бейнитного чугуна (ADI) в Беларуси

А.И.Покровский (ФТИ НАН Беларуси)

1

Задача презентации:
показать преимущества бейнитного чугуна по сравнению с высококачественной сталью

Целевая аудитория:
технические специалисты машиностроительных заводов (конструктора, технологи, термисты, металлурги, сотрудники ЦЗЛ)

3

Преимущества чугунов по сравнению со сталью, обусловленные наличием включений графита в структуре

(на примере автомобильных деталей)

1. Масса меньше на 10% (напр., картеры, поддоны)
2. Быстрее гасит вибрации и звук (напр., толкатели клапанов)
3. Выше теплопроводность (напр., гильзы цилиндров)
4. Хорошие антифрикционные характеристики (напр., распределительные валы)

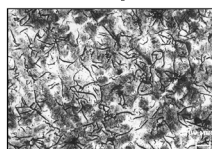
5

Содержание

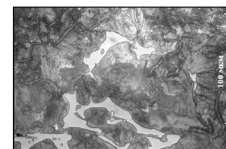
1. О ведущем месте высокопрочного чугуна среди прочих
2. ADI: Терминология. История. Теория
3. ADI: Механизм бейнитного превращения. Микроструктура
4. ADI: Принципы легирования. Химический состав. Марки
5. ADI: Технологии термической обработки. Свойства
6. ADI: Промышленное производство ADI: состояние и перспективы
7. Оборудование для ADI: особенности
8. ADI: Освоенные типоразмеры деталей
9. Механическая обрабатываемость ADI: некоторые проблемы
10. ADI в Беларуси: одна из попыток применения
11. Эпилог
12. Резюме
13. Контакты

2

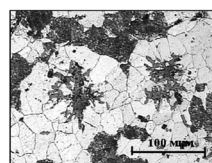
Введение. Типовые структуры чугунов различных классов



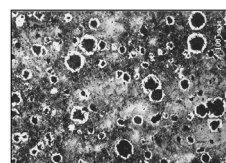
Серый



Половинчатый



4 Ковкий



Высокопрочный

Два важнейших события в истории развития чугунов,

которые кардинальным образом расширили их области применения:

1. 40-е годы прошлого века - получение включений графита сфероидальной формы (начало эпохи высокопрочного чугуна - ВЧ)
2. 70-е годы прошлого века - формирование металлической матрицы ВЧ в виде аустенито-бейнитной смеси (создание бейнитного чугуна).

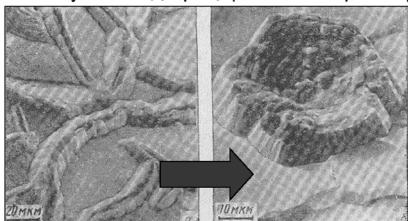
6

1. О ведущем месте высокопрочного чугуна среди прочих

7

Высокопрочный чугун

получают путем модифицирования серого чугуна.



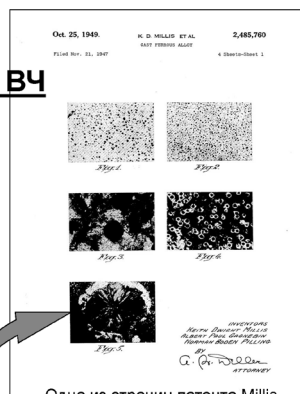
Введение в расплав небольших добавок, содержащих магний или церий приводит к «сфероидизации» – образованию графита шаровидной формы

9

Первый патент на ВЧ

25 октября 1949 г. – публикация первого патента на «Cast ferrous alloy» (высокопрочный чугун)

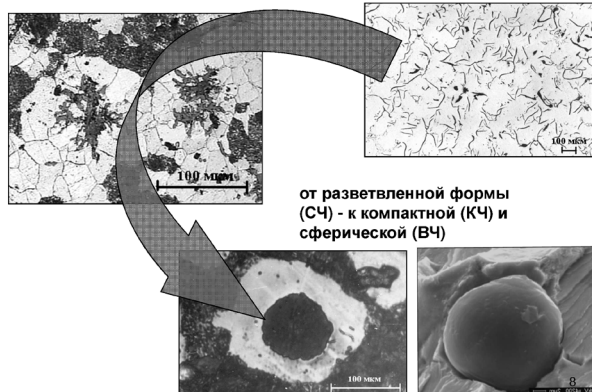
Авторы: **Keith Dwight Millis** и два его соавтора



Одна из страниц патента Millis (видна лучистая структура глобуля графита)

11

1-ый ключевой этап в развитии чугунов: совершенствование формы графита в чугуне

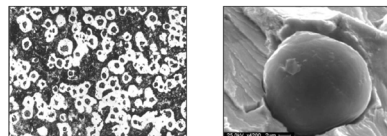


от разветвленной формы (С4) - к компактной (КЧ) и сферической (ВЧ)

8

Из истории высокопрочного чугуна

Впервые высказал намерение совершенствовать форму графита в сером чугуне **J.W. Bolton** в 1943 году на съезде Американской ассоциации литейщиков (AFS).
Несколько недель спустя в 1943 году американец **Keith Dwight Millis** в лаборатории "International Nickel Company" (INCO) обнаружил, что при добавлении магния в расплав чугуна (модифицирование в ковше) образуется графит практически идеальной шаровидной формы



7 мая 1948 г., на съезде американских литейщиков в Филадельфии фирмой INCO было сделано публичное заявление об успешном получении высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

10

Начиная с 1948-1949 гг. во всем мире активнейшим образом развиваются способы получения чугуна с шаровидным графитом, **опубликованы тысячи статей, созданы целые научные школы** по разработке технологий получения ВЧШГ и изучению их свойств

Действующий с 1985 г. по настоящее время в странах СНГ межгосударственный стандарт **ГОСТ 7293-85 «Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки»** предусматривает наиболее высокую марку высокопрочных чугунов ВЧ 100 с показателем предела прочности при растяжении 1000 МПа

12

Высокопрочный чугун.
Маркировка

Предусмотрено 8 марок (от ВЧ 35 до ВЧ 100).
Обозначение:
ВЧ – Высокопрочный чугун
50 – предел прочности при растяжении, в кгс/мм² (что соответствует 500 МПа).

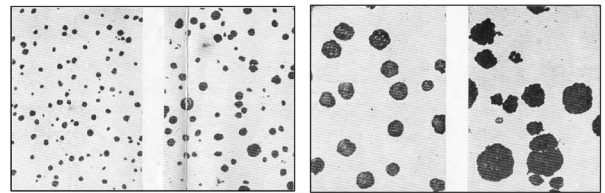
КОНТРОЛЬНЫЙ ЭКЗЕМПЛЯР
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР
ЧУГУН С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ ДЛЯ ОТЛИВОК
СТ СЭВ 4558–84
Издание официальное

С. 2 ГОСТ 7293–85

Марка чугуна	Марка чугуна по СТ СЭВ 4558–84	Временное сопротивление при растяжении σ_r , МПа (кгс/мм ²)	Условный предел текучести $\sigma_{0.2}$, МПа (кгс/мм ²)
ВЧ 35	33135	350 (35)	220 (22)
ВЧ 40	33140	400 (40)	250 (25)
ВЧ 45	33145	450 (45)	310 (31)
ВЧ 50	33150	500 (50)	320 (32)
ВЧ 60	33160	600 (60)	370 (37)
ВЧ 70	33170	700 (70)	420 (42)
ВЧ 80	33180	800 (80)	480 (48)
ВЧ 100	—	1000 (100)	700 (70)

Самые типовые марки: ВЧ 45, ВЧ 50.

Высокопрочный чугун: примеры включений в структуре, диапазон пластичности



Относительное удлинение и твердость чугуна		
Марка чугуна	Относительное удлинение, δ , %, не менее	Твердость по Бринеллю, НВ
ВЧ 35	22	140–170
ВЧ 40	15	140–202
ВЧ 45	10	140–225
ВЧ 50	7	153–245
ВЧ 60	3	192–277
ВЧ 70	2	228–302
ВЧ 80	2	248–351
ВЧ 100	2	270–360

2. ADI

**Терминология
История
Теория**

Терминология

(в наст. время употребляются различные аббревиатуры):

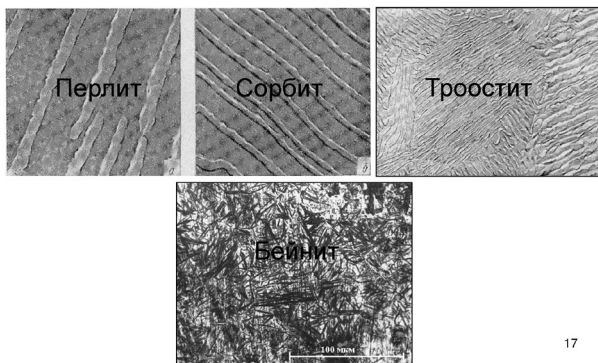
В странах СНГ: АБЧ (аустенито-бейнитный чугун); АБЧШГ – аустенито-бейнитный чугун с шаровидным графитом

Англоязычное сокращение: ADI (Austempering Ductile Iron) – высокопрочный чугун с шаровидным графитом, закаленный на бейнитную структуру

В немецкоязычной литературе - Zwischenstufenvergütung von Gusseisen mit Kugelgraphit (улучшенный в промежуточной области превращений чугун с шаровидным графитом)

Наиболее общепризнанное сокращение:
ADI

2-ой этап совершенствования чугунов: Формирование аустенито-бейнитной структуры металлической матрицы



Из истории ADI

Первые публикации по аустенито-бейнитному чугуну относятся к 50-м годам 20-го века

Большой вклад в 1970 - 1990-х годах в теорию и практику бейнитного чугуна внесли работы **Dodd J., Matti Johanson, Stenfors S.E., Klaus Rohrig** и др.

После того, как на опытных образцах были достигнуты значения предела прочности при растяжении на уровне **1500 МПа** и относительного удлинения до **10%**, началось широкое освоение высокопрочного бейнитного чугуна

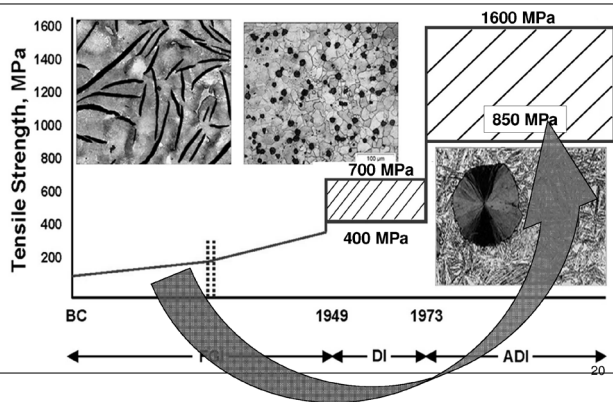
В настоящее время в промышленных масштабах выпускаются сотни типоразмеров деталей. В частности, у фирм General Motors и Ford наиболее массовыми изделиями являются зубчатые колеса

Ключевые даты в развитии ADI (высокопрочного бейнитного чугуна)

- 1930 – Bain и Grossman – создание диаграммы изотермического превращения аустенита
- 1940 – Flinn - первое применение аустемперинга к серому чугуну
- 1948 – Millis – первый патент на высокопрочный чугун.
- 1973 – Rieger – первое применение аустемперинга к высокопрочному чугуну (коленвал компрессора)
- 1986 – Первый временный стандарт фирмы BCIRA, Великобритания (3 марки ADI)
- 1987 – Разработка фирмой VDG, Германия, стандарта W52 (4 марки ADI)
- 1989 – Первый японский стандарт - JIS G 5503 на ADI
- 1990 – Первый стандарт США - A897-90 (ASTM) на ADI
- 1997 – Первый европейский стандарт - EN 1564 на ADI

19

Совершенствование структуры и динамика роста прочности чугунов



20

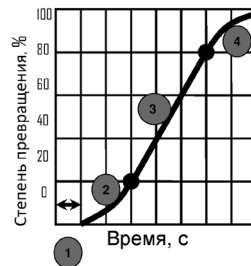
Теория

Ключевые положения теории распада аустенита при охлаждении

- ❖ Понимание механизма превращения аустенита в бейнит при охлаждении необходимо для разработки технологии

21

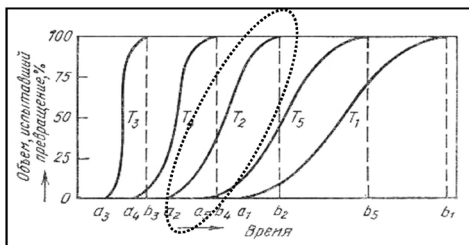
Кинетическая кривая распада аустенита при постоянной температуре



- Важны 4 участка кривой:
- 1 – инкубационный период
 - 2 – нарастание скорости
 - 3 – максимальная скорость
 - 4 – затухание

- Две особенности кинетической кривой распада аустенита:
1. Начинается не с нуля, есть опр. инкубационный период
 2. Процесс распада аустенита очень долгий, поэтому шкала «время» изображается в логарифмической шкале

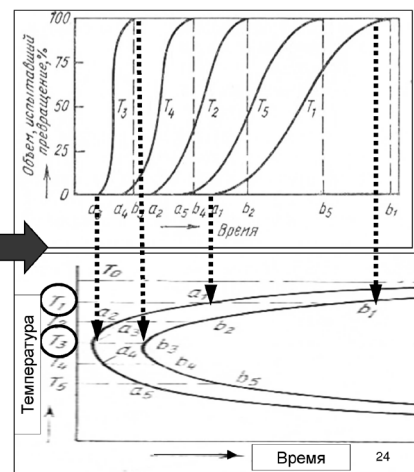
Кинетические кривые распада аустенита при различных постоянных температурах



Характер кинетических кривых однотипен. Но скорость превращения и инкубационный период у каждой кривой разный. При высоких и низких температурах скорость превращения мала. Высокая скорость - при средних температурах (обведено).

23

Построение С-образной диаграммы по ряду кинетических кривых (перенос всего двух точек: время начала и время конца превращения).



24

3. ADI

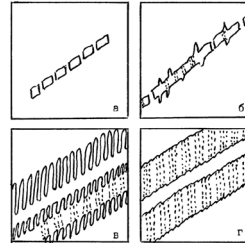
Механизм бейнитного превращения Микроструктура

25

Примерное описание механизма бейнитного превращения

(по Кривошееву А.Е., Тарану Ю.Н., Буниной Ю.К.)

Кристаллы α -фазы возникают вдоль определенных плоскостей аустенита и имеют форму, близкую к равноосной (а). Происходящее перераспределение углерода обогащает углеродом окружающий аустенит, который при закалке образцов не претерпевает мартенситного превращения. Наиболее сильно обогащаются углеродом участки аустенита, разделяющие частицы α -фазы в цепочках

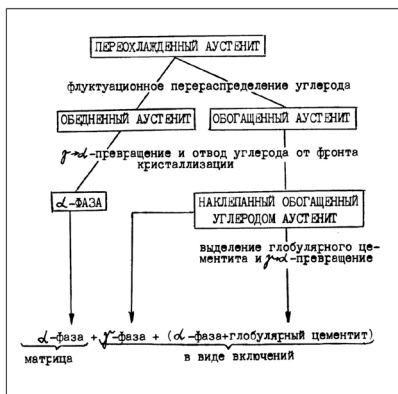


Здесь выделяются мельчайшие кристаллы карбидов, а α -частицы прорастают сквозь обедненный углеродом аустенит до сочленения в пластины (б). С понижением температуры кристаллы α -фазы возникают в большем количестве в виде набора тонких параллельных пластин (в). Тонкие участки аустенита между пластинами сильно обогащены углеродом. В них наиболее облегчено выделение частиц карбидов (г)

26

Схема стадий бейнитного превращения

(по Бунину К.П., Малиночке Я.Н.)



27

В чем причины столь значительного упрочнения ADI? Несколько предположений

(из презентации А.Нозалы в Минске, 20.10.2016)



Упрочнение феррита, связанное с высокой плотностью дислокаций (видны множество дислокаций)

Упрочнение аустенита при легировании за счет измельчения зерен и двойникования (видны двойники в аустенитном зерне)

28

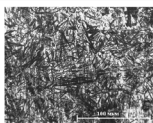
Особенности протекания бейнитного превращения

Сочетание

- а) мартенситного механизма $\gamma \rightarrow \alpha$ перехода (бездиффузионного) и
- б) диффузионного механизма перераспределения углерода

Особенности структуры - формируются две фазы:

- 1) Бейнит (феррито-карбидная смесь) - обеспечивает прочность
- 2) Остаточный аустенит - обеспечивает пластичность



29

Металлография: как выглядит бейнит под микроскопом (по сравнению с мартенситом)



Особенности мартенситных игл:

- похожи на строительные фермы или молнии.
- их возникновение происходит как рикошет пули о препятствие.

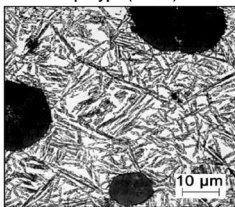
Особенности бейнитных игл:

- пакетное строение
- иглы выглядят скорее изолированными, чем представляют собой непрерывную цепочку, в виде «ферм» или «молний»

30

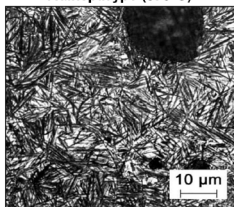
Микроструктура бейнита

Типичная микроструктура при закалке на бейнит при низкой температуре (260°C)



При низких температурах закалка на бейнит образуется игольчатая ферритная фаза с небольшим количеством остаточного аустенита. При самых низких температурах закалки на бейнит структура может также содержать некоторое количество мартенсита. Этот тип микроструктуры может обеспечить высокую прочность на растяжение и твердость, но лишь ограниченную пластичность.

Типичная микроструктура при закалке на бейнит при высокой температуре (375°C)



По мере того как температура закалки на бейнит постепенно увеличивается, феррит становится грубее и растет количество остаточного аустенита (до ~ 40%). Это приводит к существенному увеличению пластичности и снижению прочности и твердости.

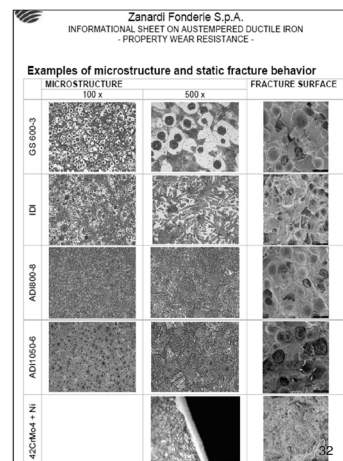
31

4. ADI:

Принципы легирования Химический состав Марки

33

Пример сравнительного атласа микроструктур ADI и других материалов



(из проспекта фирмы Zanardi Fonderie S.p.A)

32

ADI: Химический состав

В качестве легирующих компонентов для увеличения прокаливаемости и стабилизации аустенита обычно используют **никель, медь, марганец и молибден**

Наиболее употребимый диапазон химического состава бейнитного чугуна (% масс.):

углерод - 3,2-3,8
кремний - 2,0-2,4
марганец - 0,2-0,5
никель - 0,8-2,5
медь - 0,5-1,5
молибден - 0,2-0,8

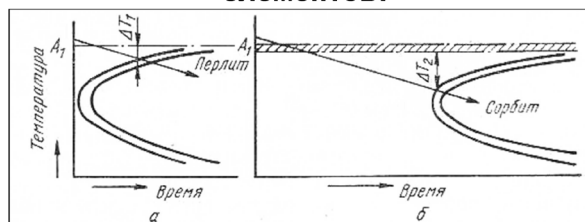
34

Роль легирующих элементов в ADI

- **Кремний:** стабилизатор феррита – повышает и расширяет температурный интервал превращения феррита в аустенит
- **Медь:** способствует образованию перлита в литой микроструктуре и замедляет растворение графитных глобул во время аустенизации
- **Никель:**
 - ✓ Стабилизирует аустенит и увеличивает прокаливаемость за счет замедления превращения аустенита в перлит при охлаждении
 - ✓ Понижает температуру превращения феррита в аустенит при нагреве
- **Молибден:**
 - ✓ Повышает прокаливаемость за счет замедления превращения аустенита в перлит при охлаждении
 - ✓ Сегрегируется при затвердевании, образует стабильные карбиды и усиливает микропористость (> 0.2%)

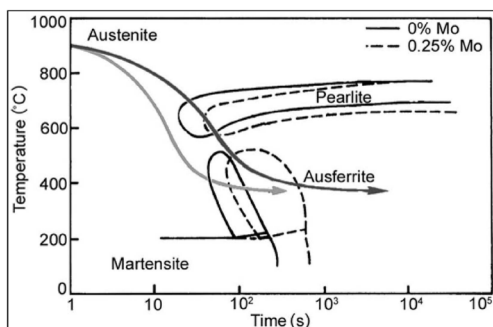
35

Влияние на С-диаграмму легирующих элементов:



- Большинство легирующих элементов замедляет диффузию.
- Соответственно, С-кривые сдвигаются вправо.

Пример влияния одного из важнейших легирующих элементов (молибдена) на формируемые комбинации структур ADI



C-кривая сдвигается вправо, следовательно ADI можно получить при меньшей скорости охлаждения

37

Соответствия между марками ADI в различных стандартах

ASTM 897-90 (1997)	SAE J2477O (2001)	EN1564 (1997)	ISO 17804 (Draft)
		EN-GJS-800-8	JS/800-10
850/550/10			
	AD 900		JS/900-8
		EN-GJS-1000-5	
1050/700/7	AD 1050		JS/1050-6
1200/850/4	AD 1200	EN-GJS-1200-2	JS/1200-3
1400/1100/1	AD 1400	EN-GJS-1400-1	JS/1400-1
			JS/HV400
1600/1300/-	AD 1600		JS/HV500

38

Механические свойства марок ADI по ASTM 897-90

Grade	Tensile strength R_m MPa (min.)	0,2% Proof stress $R_{p0.2}$ MPa (min.)	Elonga-tion A_2 % (min.)	Impact energy (unnotched) J (min.)	Brinell hardness range HB (informative)
850/550/10	850	550	10	100	269-321
1050/700/7	1050	700	7	80	302-363
1200/850/4	1200	850	4	60	341-444
1400/1100/1	1400	1100	1	35	388-477
1600/1300/-	1600	1300	-	-	444-555

39

5. ADI:

**Технологии термической обработки
Свойства**

40

Возможны два способа получения чугунов с аустенито-бейнитной структурой:

- 1) Сразу в литом состоянии** за счёт индивидуально подобранного легирующего комплекса, а также конструкции отливки и технологии литья. Это детали массового производства, не требующие механической обработки. При этом дополнительные затраты на разработку конструкции и технологии изготовления отливки, а также на дополнительное легирование такими элементами, как никель и молибден, компенсируются исключением затрат на достаточно сложную термическую обработку. Но номенклатура таких отливок весьма ограничена.
- 2) Дополнительной термической обработкой** литых заготовок. Более часто используют этот метод. При этом на стадии изготовления отливки необходимо грамотно подобрать химический состав и технологические параметры для получения в литой заготовке оптимальной структуры с точки зрения механической и термической обработки.

41

Особенность термообработки на аустенито-бейнитную структуру

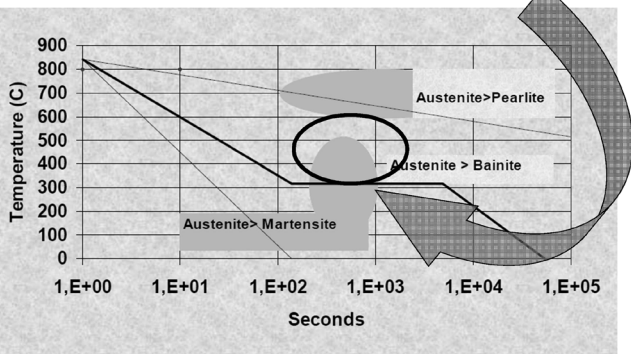
Задача: прервать распад аустенита на определенном этапе охлаждения

Этапы термообработки:

- Нагрев, доведение структуры до аустенитного состояния.
- Быстрое охлаждение, но не до комнатной, а до температуры ниже выступа на C-образной кривой. За счет этого на определенной стадии прерывается распад аустенита
- Изотермическая выдержка, температура и продолжительность которой определяют соотношение аустенита и бейнита в структуре

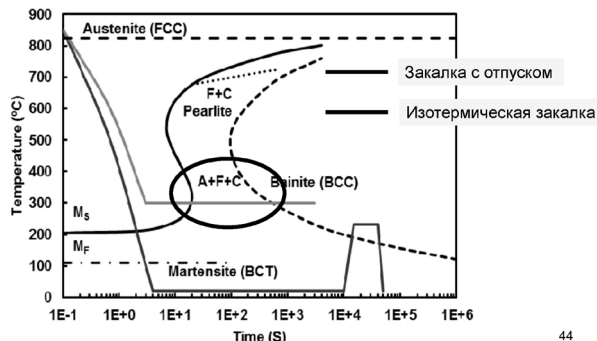
42

При термообработке необходимо зафиксировать совершенно определенную структуру



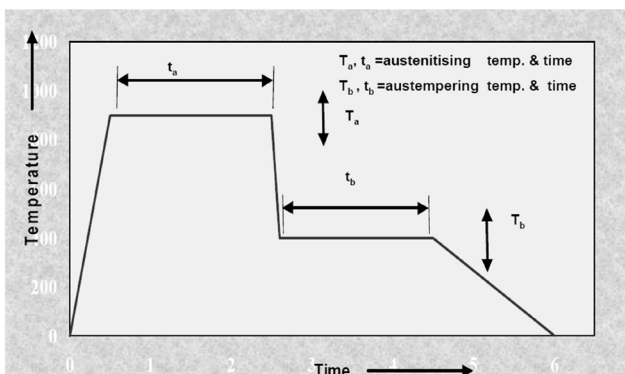
Черная линия – оптимальный режим охлаждения 43

Сравнение кривых охлаждения при обычной закалке с отпуском и изотермической закалке



44

Основные параметры термообработки ADI



45

Выбор параметров термической обработки и структур для конкретных деталей

- 1) аустенизация (нагрев до температур около 950 °C)
- 2) изотермическая закалка - очень быстрый (до начала мартенситного превращения) перенос в среду с температурой 300-500 °C + последующая выдержка

При температурах изотермической выдержки получали два основных структурных типа бейнита:

- так называемый «нижний» (в интервале 280–350 °C)
- «верхний» (ориентировочно 350–450 °C)

Детали со структурой матрицы «нижний бейнит» обладают **максимальными прочностью, твёрдостью и износостойкостью** при хорошей ударной вязкости и относительном удлинении,

а детали со структурой матрицы «верхний бейнит» имеют высокую прочность наряду с **высокими ударной вязкостью и относительным удлинением**

46

Самым важным для практики получения ответственных изделий является то, что, изменяя соотношение бейнита и аустенита в структуре чугуна, можно получать сочетание **одновременно высокой прочности с повышенной пластичностью.**

Бейнит - обеспечивает прочность, остаточный аустенит - обеспечивает пластичность.

47

Различают два основных структурных типа бейнитов в чугунах – так называемые нижний и верхний, которые получают, соответственно, при более низких (в интервале 280 - 350°C) и более высоких (ориентировочно – 350 - 450°C) температурах закалки и изотермической выдержки.

Детали со структурой матрицы нижнего бейнита обладают максимальными прочностью, твёрдостью и износостойкостью при хорошей ударной вязкости и относительном удлинении,

Детали со структурой матрицы верхнего бейнита – высокой прочностью наряду с высокими ударной вязкостью и относительным удлинением.

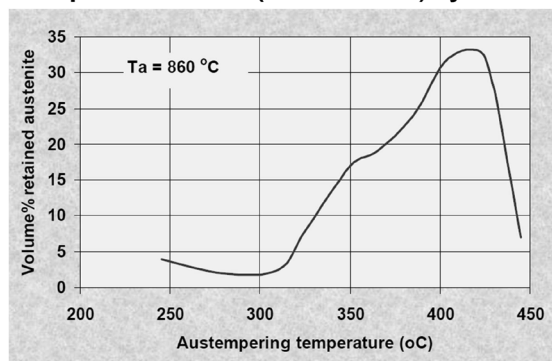
48

Примерный диапазон механических свойств чугуна со структурой верхнего и нижнего бейнита

Тип структуры бейнита в чугуне	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительн. удлинение, %	Твердость, HRC	Ударная вязкость, МДж
Нижний бейнит	1100-1500	1-4	42-48	0,2-0,5
Верхний бейнит	800-1200	3-10	36-45	0,2-0,4

49

Пластичность определяется количеством нераспавшегося (остаточного) аустенита



50

6. Промышленное производство ADI: состояние и перспективы

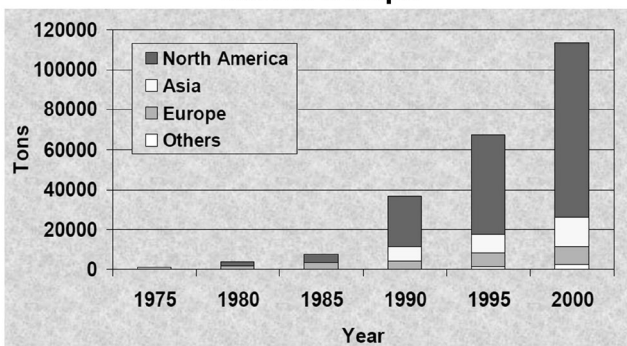
После того, как на опытных образцах были достигнуты значения предела прочности при растяжении на уровне 1500 МПа и относительного удлинения до 10%, началось широкое освоение высокопрочного бейнитного чугуна. В настоящее время в промышленных масштабах выпускаются (в частности, фирмами «General Motors» и «Ford») сотни типоразмеров деталей, причем за рубежом наиболее массовыми изделиями являются зубчатые колеса.

Активнейшим образом велись работы по освоению изделий из бейнитного чугуна в России, в частности, на автомобильных заводах ВАЗ и КамАЗ. Большое внимание внедрению бейнитного чугуна уделял директор КамАЗа Н.И. Бех. В России была разработана комплексная программа "Разработка и внедрение аустенито-бейнитных чугунов с шаровидным графитом и технологии получения из них литых деталей в автомобилестроении", участниками которой являются АО "КамАЗ", НХМА "Авангард" (Москва), НТКЦ "САНТОКАМ" (С-Петербург), ЦНИИ Материалов (С-Петербург) и другие - всего 25 организаций.

51

52

Динамика производства изделий из ADI в мире



53

7. Оборудование для ADI:

особенности

54

Особенности термического оборудования

Наличие двух печей: для аустенизации и изотермической закалки.
Проблема окисления и обезуглероживания.

Опыт экспериментов ФТИ на МАЗе.

Термическую обработку отливок на бейнит производили в термическом отделении инструментально-штампового производства, где имелся широкий выбор соляных и селитровых ванн и электропечей. Необходимо было подобрать две близкорасположенные ванны соляную и селитровую с высокой и низкой температурами.

При этом оказалось что, нагрев в соляных ваннах, применяемый за рубежом, на МАЗе не может быть осуществлен. Массивные шестерни (в отличие от маленьких образцов, на которых проводились предварительные эксперименты), при переносе из соляной (высокотемпературной) в селитровую (низкотемпературную) ванну, перетаскивали на своей поверхности большое количество налипающей соли, загрязняя расплав селитры, что по достижении определенных концентраций могло привести к взрыву.

Поэтому для нагрева под аустенизацию использовали электропечь с окислительной атмосферой модели Н-519 и рядом расположенную селитровую ванну модели Н-2334. Из-за окислительной атмосферы в печи и возможного окисления поверхности деталей во время выдержки, ее продолжительность была сокращена до 0,5—1 часа по сравнению с рекомендуемыми для полноты прохождения процесса аустенизации 3–4 часов.

Особое внимание должно быть уделено циркуляции в соли бака-охлаждителя для обеспечения однородности процесса и конечных свойств материала. Одним из преимуществ этого типа печи является то, что она может быть для других тепловых обработок, что полезно, когда пропускная способность АДИ непостоянна.

Если состояние поверхности и обезуглероживание допустимо, можно использовать менее сложное оборудование, с высокой температурой печи без контроля атмосферы, но это не подходит для большинства автомобильных деталей.

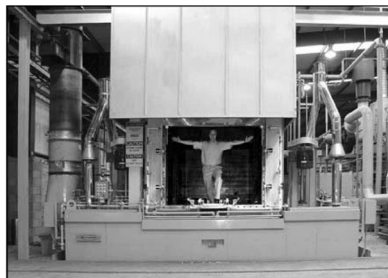
8. АДИ:

Освоенные типоразмеры деталей

59

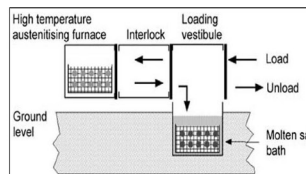
Проблема окисления при аустенизации

Пример одной из самых больших в мире печей для безокислительного нагрева и последующей закалки на бейнит, которая недавно была установлена АДИ Ltd. (Великобритания) стоимостью более \$ 1,0 млн. Можно обрабатывать детали габаритом до 1,8 м и весом до 2,75 т.



Закалка на бейнит на западных заводах:

- ❖ Различные заводские конструкции могут быть использованы для промышленного производства АДИ. Наиболее широко используемый метод "атмосфера к соли", в которой детали аустенизируются в печи с контролируемой атмосферой, чтобы предотвратить окисление и обезуглероживание, а затем помещают в банки с расплавленной солью, где происходит изотермическая реакция.
- ❖ Используются различные смеси нитридов и нитратов натрия и калия.
- ❖ Специализированная "ausquench" печь. Это вид закрытых закалочных печей, используемых для цементации сталей, но обычный закалочный бак заменен нагретой расплавленной солевой ванной, как правило, с добавлением воды.
- ❖ Они установлены по всему миру либо в литейных заводах или специализированных участках.



Широчайшая гамма слабо-, средне- и высоконагруженных прямозубых и косозубых шестерен



Шестерни, изготовленные в институте CMRDI для египетской компании Iron & Steel Co

(из презентации А.Нюфеля в Минске, октябрь 2016)

60

Детали автомобильной и железнодорожной подвески



Из презентации фирмы Zanardi Fonderie S.p.A)



Детали трансмиссии



Из презентации фирмы Zanardi Fonderie S.p.A

62

Почвообрабатывающий инструмент



из презентации А.Нофаля в Минске, октябрь 2016

9. Механическая обрабатываемость ADI:

некоторые проблемы

64

Особое внимание следует уделить материалу инструмента, его геометрии и использования смазочно-охлаждающих жидкостей путем обсуждения с соответствующими поставщиками.

Примеры:

Нитрид кремния керамики с многослойным CVD покрытием дал наименьшее износ при 800 об/мин, но CBN и PCD инструменты не подходят.

Износостойкие твердых сплавов (K10, на основе карбидов вольфрама) с износостойким покрытием (Al₂O₃ TiCN или TiAlN) могут быть успешно использованы при низких скоростях резания,

Al₂O₃ керамика, смешанная керамика и керамические армированные материалы дали хорошие результаты при более высоких скоростях резания.

Рекомендуется, чтобы обрабатываемое изделие было жестко закреплено и жесткий держатель инструмента должен быть использован для уменьшения вибраций во время обработки и тем самым уменьшить износ инструмента, улучшить качество поверхности и уменьшить отклонения размеров.

10. ADI в Беларуси:

Одна из попыток применения

66

Введение. Состояние производства высокопрочного чугуна в Беларуси

Магистральным направлением в Беларуси является переход отливок с материалов сталь, СЧ, КЧ на высокопрочный чугун (ВЧ) с задачей выпускать до 100 тыс. тонн заготовок в год.

Запланировано строительство двух литейных заводов — одного в г. Столбцы (там уже несколько лет действует первая очередь) от Минского моторного завода, и второго - в г. Жодино от предприятия «Амкордор».

Пример Минского автомобильного завода:

С 2006 года прекращен выпуск энергоемкого ковкого чугуна, вместо него МАЗ перешел на выпуск высокопрочного чугуна, что позволило снизить энергозатраты на производство автомобилей. Реконструкция литейного производства позволит обеспечить выпуск в 2015 году стальных отливок 19,3 тыс. тонн, чугунных отливок – 18,6 тыс. тонн, обеспечит внедрение современного оборудования и технологий, что позволит повысить качество и снизить себестоимость производства отливок, увеличить экспортный потенциал Республики Беларусь.

67

Физико-технический институт выполнял в Беларуси работы по ADI в рамках заданий двух государственных научно-технических программ:

- 1) «Технологии», задание «Разработать и освоить литейную и литейно-деформационную технологии изготовления зубчатых колес из бейнитного чугуна»
- 2) «Белавоттракторостроение», задание «Разработать опытно-промышленную технологию изготовления конических шестерен трансмиссии автомобиля МАЗ из бейнитного чугуна»

68

Опытно-промышленные работы ФТИ по внедрению шестерен из бейнитного чугуна на МАЗе (взамен стали 20ХНЗА)

С использованием сложившегося мирового опыта, была сделана попытка применить бейнитный чугун к условиям литейного производства Минского автомобильного завода и к конкретным деталям типа средних и крупных зубчатых колес

Немаловажным оказалось и то, что МАЗ на тот момент был заинтересован иметь в своем распоряжении импортозамещающую технологию, альтернативную традиционной, основанной на механической обработке проката легированной стали 20ХНЗА, поставляемой из России.

Промышленное опробование технологии получения ответственных автомобильных деталей из чугуна / Дудецкая Л.Р., Покровский А.И. // Вестн. Национальной академии наук Беларуси, серия физико-технических наук (научный журнал). Минск: «Наука и техника». - 2003. - № 2. - С. 47-53.

69

Опытно-промышленные работы на МАЗе

Технологию реализовали на имеющихся производственных площадях завода

Первоначально была разработана и реализована опытная технология плавки и разливки высокопрочного чугуна в объеме 300 кг

Литые заготовки передавали в цех редукторов, где производили их предварительную и окончательную механическую обработку

Обработанные детали подвергались изотермической закалке на термическом участке инструментально-штампового производства, после чего были переданы для прохождения производственных испытаний в испытательный центр

Бейнитный чугун: опыт получения и применения / Дудецкая Л.Р., Покровский А.И., Гаухштейн И.С., Демин М.И., Гурченко П.С. // Автомобильная промышленность М.: «Машиностроение». - 2001. - № 11. - С. 33-35.

70

Опытно-промышленные работы на МАЗе

С учетом полученных результатов была разработана опытно-промышленная технология изготовления зубчатых колес

Она включала:

- ✓ выплавку высокопрочного чугуна объемом 3 тонны
- ✓ предварительную термообработку
- ✓ горячую пластическую деформацию
- ✓ предварительную и окончательную механическую обработку на автоматических линиях
- ✓ шлифовку
- ✓ изотермическую закалку в соляных ваннах
- ✓ притирку зубьев

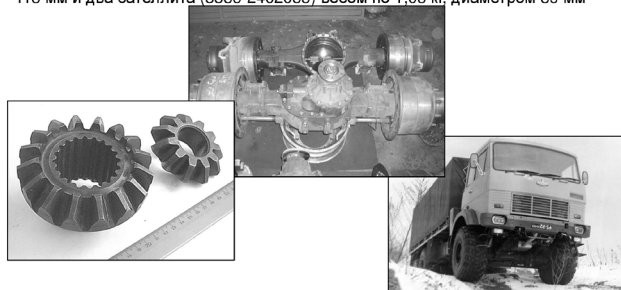
Термообработка на бейнитную структуру деталей из чугуна / Дудецкая Л.Р., Покровский А.И., Гаухштейн И.С., Демин М.И., Гурченко П.С. // Литье и металлургия. Минск: «Интерфаундри». - 2002. - № 1. - С. 45-49.

71

Опробование на средних зубчатых колесах МАЗ

Шестерни дифференциала автомобиля МАЗ 5336

Эта зубчатая пара, расположена в заднем мосту автомобиля и включает в себя шестерню полуоси (5336-2402050) весом 3,3 кг, диаметром 118 мм и два сателлита (5536-2402055) весом по 1,05 кг, диаметром 89 мм



Использование высокопрочного бейнитного чугуна для изготовления зубчатых колес. / Покровский А.И., Дудецкая Л.Р. // Литье и металлургия. 2015, № 2 (79), с. 126-134.

72

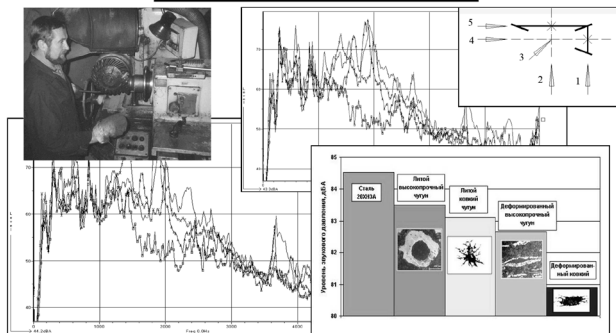
Опробование на крупных зубчатых колесах МАЗ

Шестерни главной зубчатой пары трансмиссии автомобиля МАЗ-5551, ведущую шестерню (вал-шестерню) (дет. 5551-2402017) массой 10,4 кг и ведомую шестерню (дет. 5551-2402060) массой 13,8 кг



Статическая прочность шестерен трансмиссии автомобиля МАЗ из чугуна / Покровский А.И. // Машиностроение и техносфера. Сборник научных трудов Донецкого национального технического университета. В 5-ти томах. Украина, г.Донецк: Изд. «Технополис». - 2007. Т. 3. - С. 186-191.

Сравнение акустических характеристик изделий из стали 20ХН3А и чугуна



Влияние формы графитовых включений на акустические характеристики изделий из литого и деформированного чугуна / Покровский А.И., Чаус А.С., Куновский Э.Б. // «Металловедение и термическая обработка металлов». М.: «Фоллиум», № 7 (673), июль. 2011. С.3 - 10. 75

Выводы и рекомендации по результатам работ ФТИ на МАЗе

Подтверждены общемировые данные об эффективности применения бейнитного чугуна для изготовления шестерен.

Показано, что высокопрочные чугуны с аустенито-бейнитной структурой - перспективный материал для изготовления ответственных машиностроительных изделий.

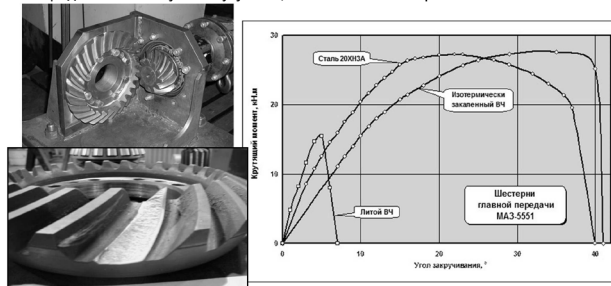
Получаемые высокие характеристики позволяют заменить чугуном сталь, экспортируемую из-за рубежа и использовать его при изготовлении широкого круга изделий.

Эти изделия могут быть высоконагруженными, достаточно массогабаритными, но компактными (под компактностью мы понимаем то, что они имеют размеры по всем трем осям координат близкие, или соотносимые между собой). Это, например, шестерни, гильзы, втулки. Что касается длинномерных деталей, то использование чугуна для них, по-видимому, неэффективно.

Бейнитный чугун или стальной прокат: границы возможностей при изготовлении ответственных изделий. Покровский А.И., Ласковнев А.П., Дудецкая Л.Р. // Инженер – механик, 2016, № 1(70) январь-март, с. 9-21. 77

Стендовые прочностные испытания в испытательном центре МАЗ до разрушения

Показано, что в большинстве случаев при одинаковой нагрузке в первую очередь ломался зуб не чугунной, а стальной шестерни.



Прочностные характеристики шестерен трансмиссии автомобиля МАЗ из чугуна / Покровский А.И. // Машиностроение: Республ. межведомств. сб. научных трудов. Минск: «Технопринт». - 74 2002. Выпуск № 18. - С. 461-466.

Пример расчета эффективности для условий МАЗа

- 1) Экономия импортируемого проката 20ХН3А, достигающая по детали "сателлит" 200 тонн на программу;
- 2) Снижение массы деталей на 9% за счет меньшей плотности чугуна по сравнению со сталью, что позволяет облегчить каждую шестерню на 700г;
- 3) Снижение затрат на термическую обработку за счет устранения цементации;
- 4) Уменьшение трудоемкости механической обработки и расхода инструмента за счет получения более точной заготовки и лучшей обрабатываемости чугуна.
- Предполагаемый экономический эффект от внедрения новой технологии при изготовлении годовой программы зубчатой пары сателлитов дифференциала составляет 442400 долларов США.

76

Эпилог

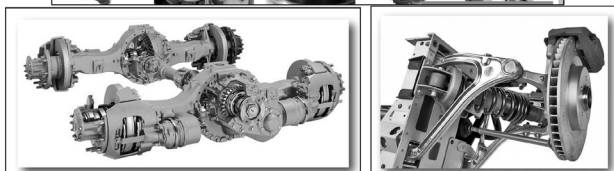
И все таки, откуда же взялся тот самый стереотип? Который так крепко засел в головах большинства конструкторов и технологов из СНГ: «чугун – это что-то такое, хрупкое, некачественное, малоответственное, в общем, несерьезное ...»

Может быть он идет родом еще из нашего детства, когда мы просыпались, а мама гремела чугунами в печи ... ?



78

Что ж, сейчас нам предстоит решить: оставаться «Емелей на печи», или догонять цивилизованный мир, где изделия из чугуна уже лет 50 успешно вытесняют высококачественную легированную сталь, а чугун служит основным материалом для самых ответственных изделий



«Chrysler», «Ford Motor»: примеры деталей из бейнитного чугуна

79

Контакты

Физико-технический институт
Национальной академии наук Беларуси
220141, Беларусь, г.Минск, ул.Купревича, 10.

E-mail: arturu@tut.by, pakrouski@mail.ru

+375 (29) 663-58-38 (Velkom)

+375 (29) 861-29-35 (МТС)

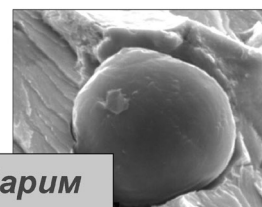
Покровский Артур Игоревич

81

Резюме

- ❖ В условиях Беларуси, где по данным Министерства промышленности сейчас насчитывается более 60-ти организаций, располагающих литейными цехами, полным ходом реализуется программа перехода на ВЧ, а термические отделения имеются практически на каждом машиностроительном заводе, высокопрочные бейнитные чугуны (ADI) могут составить существенную конкуренцию стальному прокату.
- ❖ Многие российские предприятия уже освоили технологию получения заготовок из ADI и готовы поставлять их на белорусский рынок.

80



Благодарим
за внимание!



82

УДК 621.941-229

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ТОКАРНОГО ПАТРОНА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Н. М. Федосов

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

Рассмотрены токарные патроны специальной конструкции, их конструкторско-технологическая необходимость создания, а также экономическая эффективность изготовления патрона данной конструкции для обработки деталей сложной формы при крупносерийном и серийном типе производства по сравнению с существующими конструкциями специальных патронов.

Введение. Для получения требуемой точности обработки поверхностей деталей сложной формы, в частности ужесточения допусков расположения относительно базовых и других поверхностей, необходимо обрабатывать точные поверхности методом расточки или точения вместо обработки мерным инструментом (зенкеры, развертки, метчики и т. п.). Для этого деталям, которые не являются телами вращения, необходимо при токарной обработке придать вращение и совместить геометрическую ось обрабатываемой поверхности с осью вращения шпинделя, что требует создания специальных токарных патронов. Например, при чистовой расточке отверстия под резьбу и нарезании резьбы в хвостовой части детали «Наконечник рулевой тяги» (рис. 1) вместо обработки резьбового отверстия на агрегатном станке при неподвижной детали предлагается использовать специальный токарный патрон и обработка происходит с вращением детали.

Виброустойчивый патрон для обработки отверстия в хвостовике наконечника рулевой тяги

Разработанная конструкция специального токарного виброустойчивого патрона может быть использована для обработки деталей сложной конструк-

ции и формы. Для решения технической задачи по созданию специального виброустойчивого патрона для обработки детали «Наконечник – 5336-3016-10» (рис. 1) были изучены конструкции существующих токарных патронов, в частности, токарный патрон-аналог специальной конструкции, изображённый на рис. 2. Указанный патрон включает в себя корпус, в который установлены палец с буртом для базирования обрабатываемой детали по отверстию и с упором ее в торец, лишаящий ее пяти степеней свободы, и пружинно-

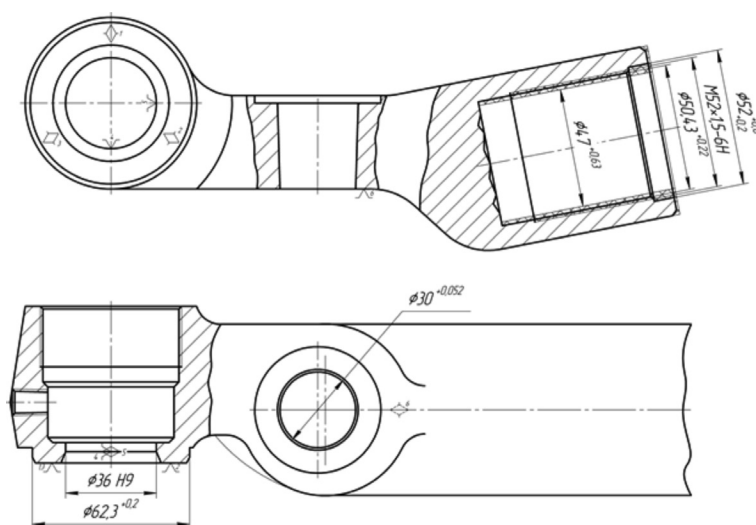


Рис. 1. Наконечник рулевой тяги – 5336-3003016-10, входящий в сборочный узел рулевого управления автомобиля МАЗ

рычажный механизм, обеспечивающий лишние детали шестой степени свободы, а также шарнирного винта, связанного с качающейся пятой, которая приводится в движение ручным поворотом гайки, и обеспечивающая поджим детали к торцу бурта.

Недостатком данной конструкции является невозможность применения механизированного зажима от гидро- или пневмоцилиндра, что значительно снижает производительность труда, особенно при серийном типе производства. В данной конструкции невозможно также обеспе-

чить виброустойчивость обработки ввиду того, что ось базового пальца хоть и перпендикулярна оси вращения патрона и пересекается с ней, но обеспечить совпадение центра массы и центра вращения не представляется возможным из-за особенностей конструкции патрона [2] и обрабатываемой детали, что вызывает вибрации.

При рассмотрении конструкции патрона, изображённого на рис. 3, выявилось невозможность обработки детали «Наконечник рулевой тяги – 5336-3003016-10» (рис. 1) в патроне указанной конструкции из-за того, что при необходимости базирования детали по отв. Ø36Н9 не представляется возможным обеспечить совпадения оси обрабатываемого резьбового отверстия М52х1,5-6Н с осью вращения шпинделя и патрона.

Недостаток конструкции патронов, изображённых на рис. 4 (а, б), заключается в невозможности обеспечения технических требований к обработанной детали (угол $11^{\circ} \pm 20'$ и размер 25 от оси отв. М52х1,5-6Н до оси отв. Ø36Н9, а также отсутствия автоматического зажимного устройства, обеспечивающего поджим к базовым поверхностям детали надёжный зажим её в процессе обработки, что является одним из необходимых условий серийного и крупносерийного производств.

Поэтому цель разработки виброустойчивого патрона для обработки отверстия в хвостовике наконечника рулевой тяги заключается в повышении производительности труда за счет зажима обрабатываемой детали слож-

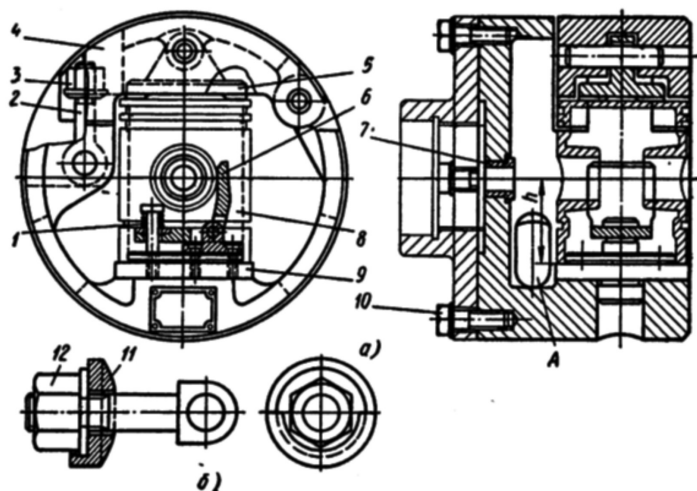


Рис. 2. Патрон специальной конструкции и шарнирный болт со специальной шайбой:

а – патрон специальной конструкции;

б – болт со специальной шайбой

1 – пружина; 2 – шарнирный винт; 3 – гайка; 4 – прихват;

5 – пята качающаяся; 6 – рычаг; 7 – втулка; 8 – поршень, обрабатываемая деталь; 9 – палец; 10 – болты; 11 – шайба;

12 – гайка

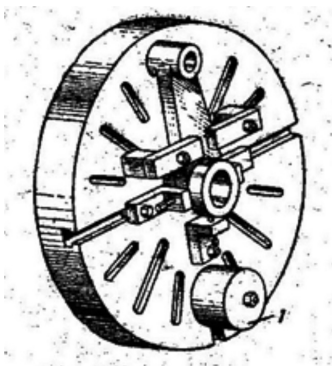


Рис. 3. Патрон специальной конструкции с креплением обрабатываемой детали на планшайбе

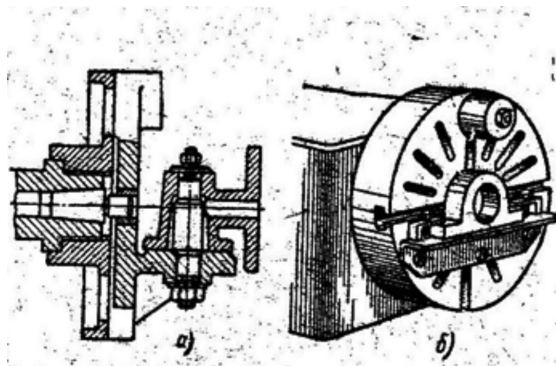


Рис. 4. Патрон специальной конструкции с креплением обрабатываемой детали на угольнике:
а – крепление детали в специальном приспособлении без выверки;
б – крепление детали на универсальном угольнике с выверкой

ной конструкции быстродействующим сдвоенным гидравлическим цилиндром, а также повышение производительности и экономической эффективности нарезания резьбы резцом вместо нарезания её метчиком и обеспечение виброустойчивости при обработке деталей сложной конструкции (наконечники рулевой тяги, а также другие сложные детали подобных конструкций).

Данная цель достигается тем, что виброустойчивый патрон включает в себя корпус, в который установлен базовый палец с буртом, ось которого перпендикулярна оси вращения патрона, при этом патрон выполнен с возможностью базирования обрабатываемой детали по отверстию и с упором ее в торец бурта пальца, и лишения при этом обрабатываемой детали пяти степеней свободы. Конструкция патрона выполнена с возможностью установки сдвоенного гидравлического цилиндра и содержит клиновые и рычажные механизмы, лишаящие деталь шестой степени свободы, которые связаны со штоками сдвоенного гидроцилиндра, при этом ось базового пальца находится на удалении от оси вращения патрона и не пересекается с ней.

Данная конструкция патрона поясняется чертежами (рис. 5–8).

Виброустойчивый патрон состоит из корпуса 1, в котором установлен базовый палец 2 с буртом 3 для базирования обрабатываемой детали 4 по отверстию и прилегающему торцу. Штоки 5 и 6 сдвоенного гидроцилиндра связаны с клиновыми и рычажными механизмами 7, 8, 9, 10. Перемещение штоков 5 и 6 производится от сдвоенного гидроцилиндра (на чертеже не показан). Поворотный рычаг 11 установлен на оси 12. В корпусе 1 патрона имеется также упор 13.

Виброустойчивый патрон работает следующим образом:

Обрабатываемая деталь 4 устанавливается на базовый палец 2 до упора в торец бурта 3 базового пальца торцом детали. Обрабатываемая деталь 4 лишается тем самым пяти степеней свободы. Для установки обрабатываемой детали 4 поворотный рычаг 11 необхо-

димо повернуть в положение указанное на фиг. 4, а затем после установки повернуть обратно.

Предварительный поджим обрабатываемой детали 4 к торцу бурта 3 базового пальца 2 производится при помощи специального сдвоенно-

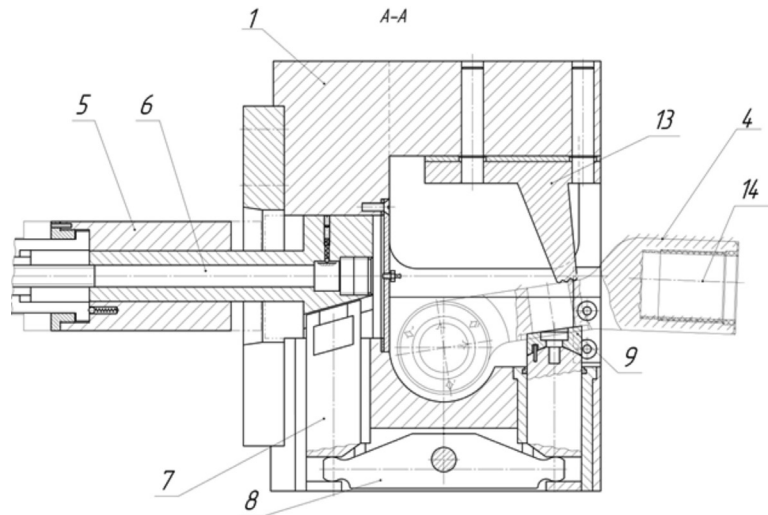


Рис. 5. Виброустойчивый патрон (продольный разрез А – А, масштаб 1:4)

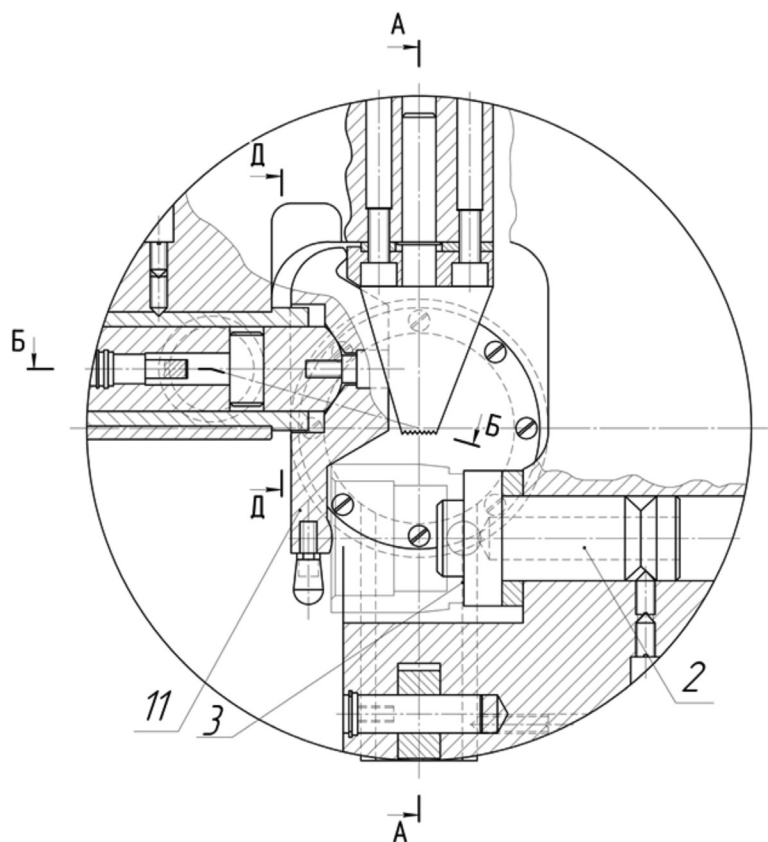


Рис. 6. Виброустойчивый патрон (вид справа, масштаб 1:2)

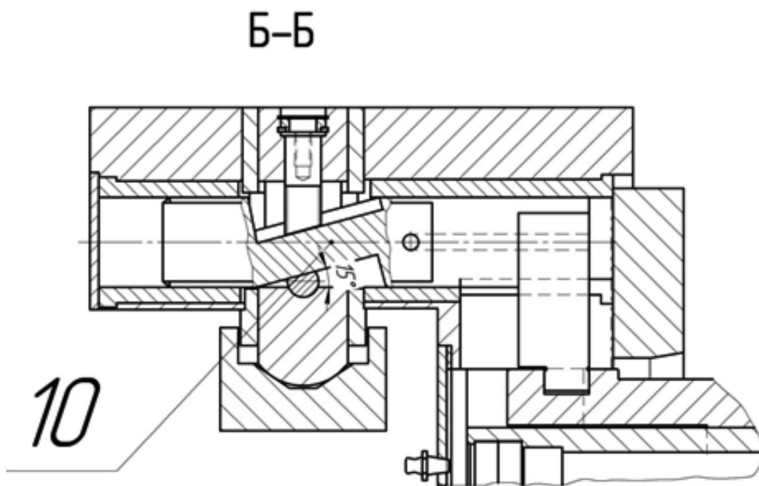


Рис. 7. Продольный разрез по Б – Б (см. рис. 6, масштаб 1:2)

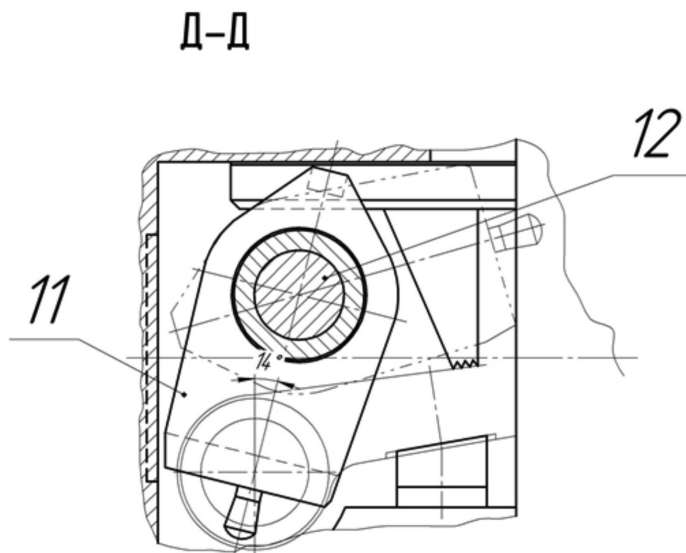


Рис. 8. Поперечный разрез по Д-Д (см. рис. 6, масштаб 1:2)

го гидроцилиндра посредством передвижения штока 5 связанного с клиновым механизмом 10 и обрабатываемая деталь 4 при этом лишается пяти степеней свободы. При перемещении этим же гидроцилиндром штока 6, связанного с клиновыми и рычажными механизмами 7, 8, 9 происходит поворот обрабатываемой детали 4 вокруг базового пальца 2 до упора 13 и обрабатываемая деталь 4 лишается шестой степени свободы. При этом ось 14 обрабатываемой детали 4 совпадает с осью вращения патрона и устанавливается перпендикулярно оси базового пальца 2, находится на удалении от его оси и не пересекается с осью базового пальца 2.

После предварительного поджима к указанным поверхностям осуществляется окончательный зажим детали с более высоким давлением в сдвоенном гидроцилиндре. Затем, в частности на токарном станке с ЧПУ, производится обработка внутренних, наружных резьбовых или других поверхностей различного профиля.

Все детали виброустойчивого патрона изготовлены из качественной конструкционной углеродистой стали 40Х (ГОСТ 1050-74). Для придания большей виброустойчивости балансировка патрона при его изготовлении производилась совместно с обрабатываемой деталью.

Реализация разработки на Барановичском автоагрегатном заводе

Существующая технология по обработке отверстия М52х1,5 – 6Н/52+0,6+0,2 в детали – наконечник рулевой тяги 5336-3003016-10 (рис. 1) после его предварительной обработки на специальных станках заключалась в обработке на многопозиционных агрегатных станках осевыми инструментами (сверление, зенкерование и затем нарезание резьбы метчиком).

По указанному технологическому процессу аналогичные детали обрабатывались на ряде автозаводов (Волжском автозаводе, Камском автозаводе и Барановичском автоагрегатном заводе, поставляющего узел рулевого управления на Минский автозавод).

К недостаткам указанного технологического процесса относятся:

1 – низкая стойкость метчика – 60...70 циклов, после чего указанный инструмент из дорогостоящей стали Р6М5 подлежал утилизации. Стоимость метчика по данным Минского автозавода ориентировочно составляет 35 руб. BYN, а стоимость трехгранной резьбонарезной пластины составляет 12-25 руб. BYN, стойкость которой составляет с учетом подналадки 180...210 циклов.

2 – время нарезания резьбы при нарезании резьбы метчиком на одной детали составляло – 1 минуту, а при токарной обработке резьбонарезной пластиной – 0,33 мин.

При анализе этих отрицательных моментов нарезания резьбы метчиком при заказе оборудования для Барановичского автоагрегатного завода для обработки наконечника рулевой тяги 5336-3003016-10 было принято решение спроектировать виброустойчивый патрон (рис. 5...8), установив его на станок модели СБ5575 (специальный токарный станок с ЧПУ). Техничко-экономический результат при использовании такого патрона заключается в уменьшении машинного времени до 0,33 минуты на одну деталь. Появилась возможность применения активного контроля, что значительно повышает качество обработки. Стоимость резбонарезной пластинки составляет (по данным Барановичского автоагрегатного завода) – 12 руб. РБ. (поставка по импорту) и 25 руб. ВУН (поставка — Российская федерация, КНР). Значительный экономический эффект дает и применение трехгранной резбонарезной пластины СМП (сменная многогранная пластина), так как стоимость пластины меньше, чем метчика изготовляемого из дорогостоящей

вольфрамомолибденовой инструментальной стали Р6М5, а стойкость значительно выше.

Заключение

Предложенная конструкция специального виброустойчивого патрона (рис. 5...8) позволила увеличить качество обработки и производительность труда за счет сокращения вспомогательного времени на установку и зажим детали, а также сокращения машинного времени за счёт нарезания резьбы резцом по сравнению с нарезанием резьбы метчиком. Качество обработки повысилось в связи с возможностью поднастройки резбового резца для получения требуемого допуска по среднему диаметру в автоматическом режиме и в результате применения активного контроля, что невозможно при нарезании резьбы метчиком.

Данный патрон, в связи с хорошими технико-экономическими показателями, внедрен на ОАО «Барановичский агрегатный завод», который составляет сборочный узел рулевого управления на Минский автозавод.

Список используемых источников

1. Фельдштейн, Е.Э. Металлорежущие инструменты: справочник конструктора / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – Минск: Новое знание, 2009. – 1089 с. :ил.
2. Грановский, Г.И. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. Вузов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высш. школа, 1985. – 304 с.: ил.
3. Болотин, Х.Л. Станочные приспособления / Х.Л. Болотин, Ф.П. Костромин. — М.: Машиностроение, 1973, – 344 с. ил. (стр. 159–161 — прототип).
4. Косилова, А.Г. / Справочник технолога-машиностроителя в 2 т / А.Г. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К.; под общей редакцией Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К.. — Т.1: — М. : Машиностроение, 1972, — 694 с..
5. Стремоус, М.А./ Патэнт на карысную мадэль №9884 / Виброустойчивый патрон для обработки отверстия в хвостовике наконечника рулевой тяги. М.А. Стремоус, Н.М. Федосов, В.Ф. Барышников. – Минск: Нацыянальны цэнтр інтэлектуальнай уласнасти, пачатак дзеяння 2013.05.29.

УДК 699.697

ТОПКИ ДЛЯ МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

*Северянин В.С.,**Горбачева М.Г., Черноголов В.П.*

В силу известных причин в ряде стран, особенно в Республике Беларусь, становится весьма актуальной проблема использования местных видов топлива (МВТ). К этим ресурсам относятся горючие вещества, как правило, низкого качества – различные горючие отходы, древесина, городской мусор, коммунальные выбросы, утилизируемая мусорная продукция, с различным содержанием углеродистых соединений, обезвреживаемая органика и т.д. Иногда МВТ трудно даже назвать топливом из-за плохого энергетического качества: загрязненность негорючими включениями, высокая влажность, неравномерный грубый фракционный состав, вредные или опасные элементы. Поэтому часто ставится задача не столько получить энергетический эффект в виде теплоты для последующего использования, сколько создать устройства для огневого обезвреживания (например, инсинераторы).

Если в крупных топках больших энергоагрегатов можно организовать удовлетворительный топочный процесс этого «топлива», (лучшее удержание теплоты, дольше время реагирования, поддерживающие добавки обычного топлива, квалифицированное обслуживание), то в маломощных топочных устройствах, характерных для недостаточно организованного технического наблюдения, сжигание усложняется трудностью поддержания высокой температуры, плохим поджиганием топлива, неравномерной и недостаточной подачей воздуха к горячей массе твердого топлива или смесеобразованием газообразного и жидкого. Это выражается большим недожогом, вредными газовыми и зольными выбросами, трудностью механизации и автоматизации работы топки.

Вместе с тем потребность в маломощных (50...300 кВт) топочных устройствах возрастает. В условиях снижения централизации теплоснабжения по организационным, финансовым, техническим причинам интерес к индивидуальным

конкурентоспособным источникам теплоты проявляют организаторы как частного сектора, так и коммунального – при создании систем отопления небольших объектов (школы, животноводческие помещения, склады и т.п.), особенно в сельской местности.

Задача ставится таким образом, чтобы была возможность проектировать, изготавливать, доводить такие топочные устройства на местах – т.е. имея квалифицированных работников (что характерно для Беларуси во всех отраслях), обеспечивать теплоснабжение имеющимися средствами. Естественно, должны соблюдаться правила техники безопасности и охраны труда, только желательно минимальное вмешательство контролирующих органов разных уровней и степеней.

В современных рыночных условиях основное требование при создании новой техники – снижение капитальных текущих затрат при удовлетворении поставленных пожеланий. Для топочного оборудования – это отказ от дорогих материалов, сталей, механизмов, использование максимально дешевого энергоресурса, многофункциональность, универсальность, простота обслуживания. Но необходимо соблюдать общетехнические условия – недопущение вредных выбросов в окружающую среду, безопасность действия, удобство вывода теплоты к потребителю, ремонтпригодность, отсутствие сложностей при монтаже и компоновке.

Этим требованиям, на наш взгляд, в определенной степени отвечает так называемая топка с наклонной пластинчатой колосниковой решеткой [1]. Она разработана на основании как лабораторных, так и промышленных исследований, прошла апробацию и успешно действует, в частности, в качестве инсинератора отходов животноводства при положительной оценке производителей. Топка подвергалась усовершенствованию, например, для сжигания жидких топлив и отходов [2,3]. Ниже, в данной статье, приводится описание

дальнейших доводок с целью улучшения топочного процесса при сжигании низкокачественных топлив.

Топочный процесс (подача воздуха, прогрев топлива, распределение температур, дожигание, удаление продуктов сгорания) хорошо организованы, когда топливо лежит на колосниковой решетке ровным, небольшой толщины слоем. Но такую укладку и ее поддержание трудно обеспечить при нерегулярной загрузке топлива, нужно следить за необходимым уровнем слоя. При полном заполнении топочного пространства топливом (от решетки до загрузочного люка) нижняя часть массы топлива плохо снабжается воздухом, трудно поджигается, остаются недожоги на пластинах решетки. Возникшая проблема решена успешно двумя вариантами (рис. 1 и 2), каждый из которых выбирается по заданным условиям и требованиям (какое топливо, какое обслуживание, наличие автоматики, режим выдачи теплоты, наличие материала и средств, механическое оборудование для изготовления и монтажа и т.д.).

На рис. 1 представлена топка для МВТ с наклонной пластинчатой колосниковой решеткой, оборудованной воздушным иньектором. Для удобства изготовления, монтажа, ремонта, замены – как пластины, так и иньектор выполнены съемными, легко убирающимися через топливный загрузочный люк, естественно, в холодном состоянии.

На рис. 2 изображена конструкция аналогичной топки, но с другим оформлением установки и действия колосниковых пластин. Одинаковые элементы обозначены одними и теми же позициями. Стрелки – простая – воздух, пунктирная – газообразные продукты сгорания, двойная – топливо, круговая – поворот пластин. Некоторые элементы условно прозрачны.

Стальной корпус 1 имеет внутри футеровочное покрытие (шамот, огнеупорный бетон и т.п.), снизу расположен зольник 2 – ящик, выдвигаемый для опорожнения. Сбоку расположен вход воздуха 3 с регулировочной дверцей. Загрузочный люк

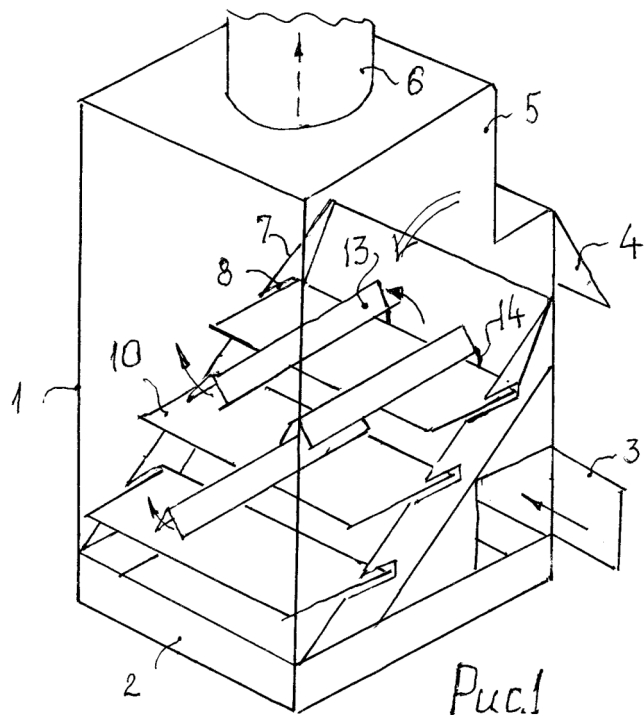


Рис. 1

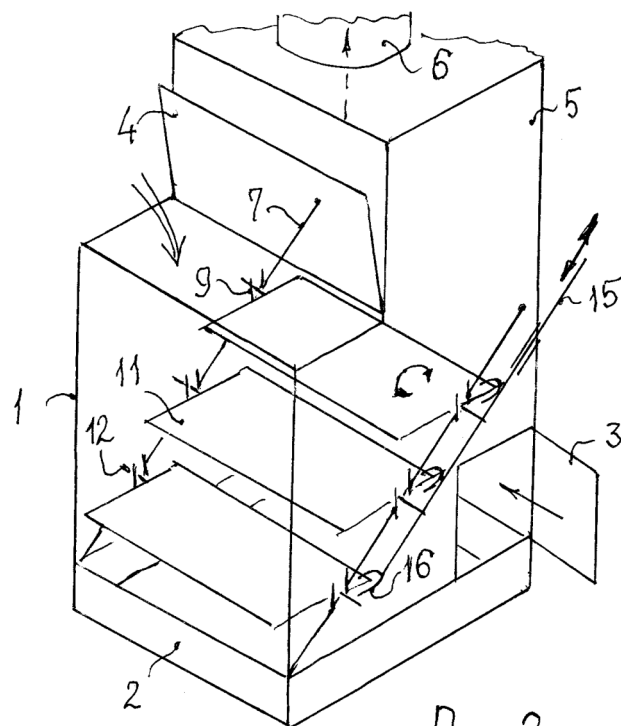


Рис. 2

4 внутри тоже имеет теплозащитное покрытие. Над корпусом 1 монтируется теплообменник 5 (водо- или воздухоподогреватель) трубчатого или другого типа, его конструкция выбирается по назначению, с дымовой трубой 6 (достаточной высоты для создания естественной тяги).

На боковых стенах корпуса 1 закреплены внутри наклонные опоры 7, в первом варианте имеющие горизонтальные щели 8, во втором – двойные штыри 9. В щели 8 вставлены горизонтальные колосниковые пластины 10 (это стальные прямоугольники толщиной 8–10 мм), а в двойные штыри 9 – колосниковые пластины 11, имеющие оси 12, приваренные к плоскости пластин 11.

В первом варианте на колосниковых пластинах 10 лежат несколько воздушных инжекторов 13 (изготовленных из крупных уголков), имеющие фиксирующие зацепы 14, которыми они закрепляются. Количество и расположение 13 определяются для конкретного заказчика.

Во втором варианте (рис. 2) тяга 15, выведенная наружу, своими скобами 16 контактирует с задним ребром колосниковых пластин 11. При перемещении тяги 15 вдоль своей оси (вручную или соответствующим сервоприводом) скобы 16 поворачивают пластины 11 в осях 12 между штырями 9, изменяя наклон пластин 11 и зазор между ними.

Оба варианта топки позволяют интенсифицировать процесс горения внутри насыпанной массы топлива благодаря вводу воздуха вовнутрь и механическому воздействию путем ворошения.

Первый вариант целесообразно применить для сжигания крупнокусковых фрагментов, с высокой влажностью, с относительно небольшой зольностью. Второй – для мелкокускового топлива, высокой зольностью, для смешанного топлива. Во втором варианте возможно раздельное воздействие на группы пластин: например – отдельно для нижних (улучшить зажигание) и верхних (быстрее дожигание, отдельно сброс золы) путем установки другой тяги со скобами.

Для масштабирования (уменьшения/увеличения тепловой мощности, которая зависит от величины зеркала горения) возможно как изменение размеров колосниковой решетки и количеством пластин, так и другие компоновочные решения (конусные, пирамидальные, цилиндрические формы, сочетание разных форм и подключений). Целесообразно так же механизация загрузки топлива (бункер с питателем), применение дымососа, автоматизация работы, дистанционное управление, – все зависит от финансовых, материальных возможностей заказчика. Однако основная цель – умеренные капитальные и текущие затраты теплоснабжения малых и средних объектов может быть достигнута предлагаемыми конструкторскими решениями.

Список использованных источников

1. Северянин В.С., Ельшов В.Д. и др. Топка. Пат. РФ №4733-V, F23B 60/00, 2008 г.
2. Северянин В.С., Горбачева М.Г. Топка. Пат. РФ №9380-V, F23B 60/00, 2013 г.
3. Северянин В.С. Универсальная топка. «Каскад». Журнал «Изобретатель», №1, 2013 г.

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИФТОВ НА ОБЪЕКТАХ СТРОИТЕЛЬСТВА СО СВОБОДНОЙ ПЛАНИРОВКОЙ ПОМЕЩЕНИЙ

Липский Н.В.

Главный государственный инспектор отдела надзора Минского городского управления

«Владелец лифта обязан обеспечить содержание лифта в исправном состоянии и его безопасную эксплуатацию», такая фраза записана в п. 75 «Правил по обеспечению промышленной безопасной эксплуатации лифтов и строительных грузопассажирских подъемников», утвержденных Постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 01.03.2011 №18.

В последнее время участились случаи сбоев в работе лифтов, в том числе застреваний, в домах, сданных в эксплуатацию в 2015–2016 годах.

10.10.2016 произошла остановка лифта со срабатыванием ловителей лифта пассажирского с находящимися в нём людьми в административном здании №66 по улице К.Либкнехта в г. Минске. ОАО «Белспецпроект» – собственник здания, ООО «КАНИМИС» – застройщик. Данный лифт в эксплуатацию не введен и в нарушение требований законодательства в области промышленной безопасности несанкционированно использовался без проведения технического освидетельствования, регистрации и получения допуска к эксплуатации в установленном порядке, что создаёт угрозу причинения вреда жизни и здоровью людей. При осмотре места происшествия работниками Госпромнадзора установлено, что в этом 12-ти этажном административном здании по строительной части выполнены лишь наружные стены, входные двери, окна и лестничные марши, а внутренняя отделка (перегородки, двери, пол, потолок и т.д.) не проводилась, грузовые лифты в здании не предусмотрены. Вместе с тем, по информации, представленной от УП «Белорусская национальная перестраховочная организация», которая является дольщиком этого объекта, данное административное здание принято в эксплуатацию в августе 2016 года без сдачи лифтов.

16.10.2016 произошло аналогичное застревание пассажирского лифта с двумя пассажирами в 16-ти этажном жилом доме №12 по улице Кирилла Туровского в г. Минске, владелец – товарищество собственников «Маяк 42», дом сдан в эксплуатацию в 2016 году. В результате расследования было установлено, что причиной вызвавшей остановку данного лифта является попадание фракционного строительного мусора под клин вкладыша нижнего правого башмака кабины пассажирского лифта.

Объединяет эти два случая одно и то же – использование не по назначению пассажирских лифтов в домах, которые сдаются в эксплуатацию без проведения окончательных строительно-отделочных работ (в связи с ведением строительно-отделочных работ пассажирские лифты используются для перевозки строительных материалов, строительного мусора, с превышением установленной грузоподъемности).

Обязанности владельца лифтов по обеспечению их эксплуатации в соответствии с их назначением, грузоподъемностью и эксплуатационной документации определены статьей 26 Закона Республики Беларусь от 5 января 2016 года «О промышленной безопасности».

Вместе с тем, в соответствии с Положением о Министерстве жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 31.07.2006 №968, на Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь возложены функции контроля за исполнением организациями, осуществляющими эксплуатацию жилищно-коммунального хозяйства независимо от форм собственности и подчиненности, правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда, включая лифтовое оборудова-

ние, к сожалению это происходит не всегда.

У работников Минского городского управления Госпромнадзора, которые осуществляют приёмку лифтов во вновь построенных домах и надзор за их эксплуатацией, давно возник вопрос о правомерности существующей практики сдачи в эксплуатацию объектов строительства с так называемой «свободной планировкой». В таких зданиях квартиры, офисы, торговые площади сдаются без отделки, а зачастую и без возведения стен и перегородок. И владельцы вынуждены использовать имеющиеся лифты в качестве грузоподъёмных механизмов для перевозки строительных материалов и мусора.

К примеру, в жилом доме №12 по улице Кирилла Туровского имеется 100 квартир со свободной планировкой, для устройства перегородок только в одной квартире необходимо 12–15 кубических метров газосиликатных блоков, а на 100 квартир 1200–1500 кубических метров, плюс строительные смеси, цемент, керамическая плитка и т. д. И становится понятным что никакой лифт не в состоянии выдержать такую нагрузку.

То есть, погнавшись за якобы снижением стоимости одного квадратного метра жилья, фактически выводится из эксплуатации лифтовое оборудование и ставится под угрозу жизнь пользователей.

Если в дальнейшем будет применяться такая практика строительства, считаем необходимым использовать для дальнейших строительных работ по отделке помещений грузовые или грузопассажирские подъёмники, устанавливаемые вне зданий, с соблюдением необходимых при этом требований безопасности. А если дом всё-таки принят в эксплуатацию с помещениями свободной планировки, владелец должен организовать строгий контроль за использованием лифтов, своевременной уборкой кабины лифтов и посадочных площадок и не допускать попадания мусора в шахту лифтов. Организации, обслуживающие лифты, на период активной фазы отделочных работ обязаны проводить осмотры и техническое обслуживание лифтового оборудования в более частые сроки, обеспечивающие их безопасную эксплуатацию.

ИСТОРИЯ ПОЯВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Михневич Е.В., преподаватель

*Филиал «Колледж современных технологий в машиностроении и автосервисе»
учреждения образования «Республиканский институт профессионального образования»,
Минск, Беларусь*

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) – тепловой двигатель, в котором сгорание приготовленной горючей смеси и преобразование выделенной при этом теплоты в механическую работу происходит внутри замкнутой рабочей полости (в цилиндре) двигателя.

Исторически первый работающий ДВС (рис. 1) был запатентован в 1859 году бельгийским изобретателем Жаном Жозефом Этьеном Лемуаром (рис. 2).

Рабочий процесс двигателя Лемуара можно рассмотреть, начиная с движения поршня из крайнего положения. При этом золотники установлены в позицию, при которой в рабочую (расширяющуюся) полость цилиндра поступает воздух и светильный газ, а из другой полости поршнем вытесняются продукты сгорания, образовавшиеся в предшествующем такте. На этой стадии цикла движение механизма происходит за счёт инерции маховика. Когда объём рабочей полости достигнет некоторой величины, определяемой кинематикой механизма, золотник перекры-

вает подачу газа и воздуха, и на свечу зажигания подаётся высоковольтный электрический разряд, смесь газа и воздуха воспламеняется и сгорает прежде, чем поршень успеет значительно продвинуться, т.е. практически при постоянном объёме. При этом, давление и температура в рабочей полости многократно увеличиваются, совершается работа, поршень перемещается до крайнего положения, противоположного начальному, при этом золотник перемещается в позицию выпуска отработанного газа. После прохождения мёртвой точки (за счёт инерции маховика) процесс повторяется при обратном ходе поршня.

Продажа газовых двигателей Лемуара сопровождалась мощной рекламой и невероятной газетной шумихой. Известия о перспективной машине дошли до немецкого города Кельна, где в это время жил тридцатилетний продавец Николаус Аугуст Отто (рис. 3). Узнав из газет о лемуаровском изобретении, он задался целью создать универсальный



Рис. 1. ДВС Жана Жозефа Этьена Лемуара



Рис. 2. Жан Жозеф Этьен Лемуар

двигатель. Взвешивая днем в лавке макароны и пряности, Отто обдумывал конструкцию своего двигателя, а по вечерам экспериментировал. После многочисленных опытов Отто смог усовершенствовать двигатель Лемуара так, что его мощность существенно возросла. В 1876 году немецкому инженеру-изобретателю Николаусу Аугусту Отто был выдан патент на четырехтактный ДВС (рис. 4).

Основная идея Отто состояла в том, что перед зажиганием смесь необходимо подвергать сжатию, а взрыв выгоднее всего производить в крайнем верхнем положении поршня. Однако, чтобы сконструировать экономичный двигатель с КПД, достигающим хотя бы 15 %, Отто понадобилось 15 лет. Изготовленный двигатель назвали четырехтактным, так как процесс в нем совершался в течение четырех ходов поршня и, соответственно, двух оборотов коленчатого вала.

Постепенно небольшая фирма Отто расширялась благодаря возросшему числу заказчиков, вскоре она превратилась в «Акционерное общество газомоторной фабрики Отто-Дойц», в котором пересеклись судьбы талантливых изобретателей, предопределивших судьбу автомоби-



Рис. 3. Николаус Аугуст Отто



Рис. 5. Карл Бенц

ля, – Готлиба Даймлера и Вильгельма Майбаха. Именно Даймлер и Майбах, впоследствии основавшие собственную фирму, внесли наибольший вклад в создание компактного ДВС, работающего на жидком топливе и пригодного для применения на транспорте.

Первый в мире автомобиль (как и автомобиль Даймлера), построенный в 1885 году Карлом Бенцем (рис. 5), немецким изобретателем. 29 января 1886 года он получил патент за номером 37435 на свой автомобиль, а 3 июля 1886 года на Рингштрассе в Мангейме впервые показал авто-

мобиль широкой публике (рис. 6, обложка). В первом трехколесном автомобиле Карла Бенца использовался ДВС с водяным охлаждением. Он располагался горизонтально вместе с огромным горизонтальным маховиком и открытым коленчатым валом. Двигатель приводил в движение задние колеса с помощью ремня и цепей посредством простого дифференциала. Величайшим достижением конструкторской мысли Бенца можно считать наличие впускного клапа-

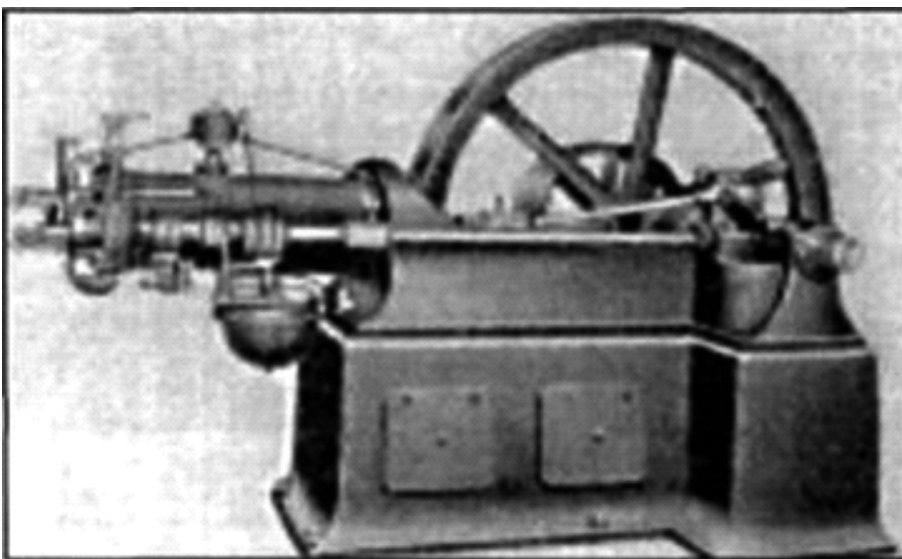


Рис. 4. Четырехтактный ДВС Николауса Аугуста Отто

на с механическим приводом. В первом варианте рабочий объем двигателя составлял 1 л, однако этого было недостаточно даже для разгона машины. Поэтому, когда машина в 1886 году была запущена в производство, на ней установили более мощный двигатель рабочим объемом 1,7 л.

В 1889 году Готлиб Даймлер (рис. 7) и Вильгельм Майбах построили свой первый автомобиль – больше похожий на карету без лошади (рис. 8). Этот автомобиль был представлен в октябре 1889 года на парижской выставке.

В 1890 году появляется на свет компания Daimler Motoren

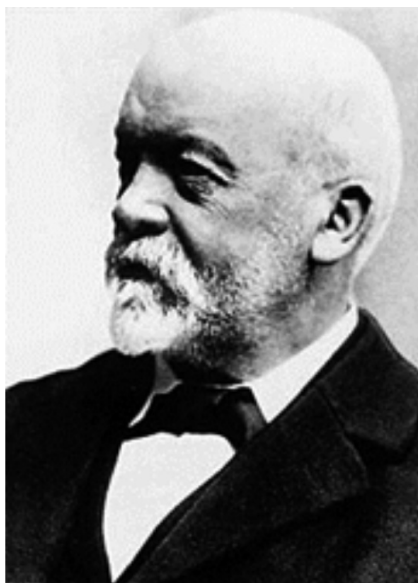


Рис. 7. Готлиб Даймлер

Gesellschaft (DMG), которая занимается производством небольших мощных двигателей. Эти двигатели были предназначены для использования и на земле, и в небесах и на море (отсюда позже появился лозунг для логотипа компании Mercedes-Benz – трехконечной звезды).

В дальнейшем, исходя из возрастающих потребностей общества, рыночной конкуренции производителей, повышения интереса к автомобильным гонкам, военных «гонок» вооружений ДВС совершенствовались и приобрели современный вид, совершенствование ДВС продолжается и сегодня.

Литература

1. Электронное средство обучения по специальности «Эксплуатация и ремонт автомобилей», Михневич Е.В., Царук О.В., 2012. Рис. 7. Готлиб Даймлер

ТРАЕКТОРИЯ «СТРЕЛЫ»

Клеванец Ю.В.

1. Становление конструктора

Если спросить у нашего современника, более или менее знакомого с авиацией, каких он знает советских авиаконструкторов, то можно заранее предугадать, что ответ будет: Туполев, Яковлев, Ильюшин. Кто-то, поднапрягшись, назовет ещё Лавочкина, Сухого, Микояна, Антонова. Но на самом же деле в СССР в 1930-х годах было множество самолётных КБ, возглавляемых весьма талантливыми инженерами и пребывавших в жёсткой конкуренции друг с другом. Те конструкторы, которых может вспомнить современный знаток – это всего лишь вершина айсберга, победители в конкурентной борьбе, люди, волею судьбы, или волей И.В. Сталина, либо по причине собственной повышенной предприимчивости оказавшиеся на вершине славы.

Наш сегодняшний рассказ об одном из тех, кто, как говорится, был «не хуже» признанных лидеров авиации, но так и не стал настоящим главным или Генеральным конструктором.

Александр Сергеевич Москалёв – полковник-инженер, кандидат технических наук, профессор, кавалер орденов и лауреат Государственной премии родился 16 ноября 1904 года в маленьком городке Валуйки тогдашней Воронежской губернии, в семье земского врача-ветеринара. В 1913 году семья Москалёвых переехала в губернский Воронеж, где наш герой поступил, а затем и окончил гимназию №1. В 1920 году, будучи ещё в школьном возрасте, революционно настроенный молодой человек становится бойцом-добровольцем Красной Армии, а затем сотрудником Воронежской милиции. При этом он продолжает учиться в гимназии, которая стала называться просто школой.

Поняв, что служба в милиции не его путь, Александр в 1923 году поступает в недавно открытый Воронежский университет, где, между прочим, успевает жениться на студентке Герте Швабб, а затем, как пишут в литературе, вследствие временного закрытия ВУЗа, переводится

сначала в Казань, а потом в Ленинградский университет, на механико-математический факультет. Получив в 1928 году диплом, устраивается инженером-расчётчиком на Ленинградский завод «Красный лётчик», который был незадолго до того организован путём слияния того, что осталось от дореволюционных заводов акционерного общества «Руссо-Балт», Первого русского товарищества воздухоплавания и завода Лебедева.

Первая успешная работа молодого инженера – расчёт радиатора истребителя И-2 конструкции Д.П. Григоровича, который прославился ещё в Первую Мировую войну как создатель морских самолётов.

Сейчас КБ Григоровича более известно как КБ Бериева.

В своих мемуарах Москалёв пишет, что никаких методик расчёта авиационных радиаторов тогда не существовало, а методы расчёта автомобильных не годились для самолётов. Молодой конструктор разработал собственную методику, сейчас подобная работа стала бы темой диссертации. Первый блин не вышел комом – самолёт И-2 явно прибавил в скорости.

В это же время на «Красном лётчике» строились опытные самолёты по заказу военного флота: амфибия Ш-2 конструктора Вадима Шаврова и летающая лодка Му-2 («морской учебный») упомянутого выше Григоровича. Последующие сравнительные испытания должны были выявить лидера из этих двух машин-конкурентов.

Му-2 был готов первым, его повезли на испытания на Азовское море. Лётчики раскритиковали самолёт: отмечалась как недостаток теснота кабины, но главное – это слишком «задняя» центровка (в 20-е годы на строгое положение центра тяжести не очень-то обращали внимание) и плохая мореходность из-за упрощённых обводов лодки.

Пока ещё строился самолёт-конкурент, Москалёв решил исправить ситуацию, предложив доработать самолёт Григоровича. Таким образом,

из Му-2 получился Му-3. Молодой конструктор уменьшил нижнее крыло самолёта-предшественника. Из биплана получился «полутораплан», модная «фишка» в самолётостроении 20-х годов прошлого века. Была сделана новая лодка с более сложной формой днища.

К испытаниям обе машины были готовы примерно в одно и то же время. Между прочим, в своих воспоминаниях Москалёв описывает Вадима Шаврова как молодого человека, который крутился возле своей строившейся машины с логарифмической линейкой и перочинным ножиком, постоянно пересчитывал сечения силовых элементов и тут же ножиком выстругивал те места, где, по его мнению, была допущена излишняя «полнота». Впрочем, пишет далее Москалёв, конкурент перестарался: осенью, во время испытаний в ветреную погоду, лодка Шаврова таки переломилась во время посадки на воду бурной Невы. Экипаж пришлось вылавливать из холодной воды.

Му-3 на испытаниях вела себя неплохо, продемонстрировав немного лучшие параметры, чем самолёт Шаврова. Однако шавровская машина была более технологичной. (Здесь надо особо обратить внимание на форму днища лодки. Для повышения мореходности следует применять вогнутые поверхности от носа до редана. Но эти же самые вогнутые поверхности для деревянной конструкции чересчур сложны. Именно здесь в первую очередь следует ожидать всякие

растрескивания и отслоения). То есть конструктор в данном случае должен пройти по узкой извилистой тропке между нетехнологичностью и ухудшением эксплуатационных характеристик. Лучше это удалось Шаврову.

Кроме того, машина Шаврова была амфибией, а значит более автономной, могла и приводняться, и приземляться. Шавров предусмотрел большой пустой «короб» за сиденьями экипажа, что позволяло его самолёту перевозить грузы или, к примеру, носилки с раненым.

В серию, таким образом, пошла машина Шаврова. Она строилась и эксплуатировалась более 30 лет, став, наряду с «сухопутным» У-2 вторым самолётом-долгожителем в истории советской авиации.

А наш герой решил выучиться ещё и на технолога, поступив в Ленинградский политехнический институт (по другим сведениям в технологический). То есть он работал на заводе, вёл собственные разработки и ещё учился.

Очередным проектом Москалёва стал самолёт для связи с Кронштадтом, как назвал его автор, «авиабус». Конструктор исходил из того, что в периоды становления или таяния льдов в Финском заливе передвижение между Ленинградом и Кронштадтом осуществлялась только ледоколами.

А результатом столь бурной деятельности стал, кроме получения диплома инженера-технолога, еще и острый туберкулёз. Врачи настойчиво рекомендовали уезжать из Ленинграда, и желательно на юг. На юг – это куда? Ну конечно, в родной Воронеж. Там в начале 30-х годов как раз развернулось строительство завода для серийного выпуска туполевацкого бомбардировщика ТБ-3. Наш герой переводом поступил на этот завод, будущий ВАЗ. А проект «авиабуса» так и не был закончен.

Стройка в Воронеже шла в режиме сплошного аврала. Крайне не хватало хоть в какой-то мере компетентных специалистов и рабочих. Были большие сомнения в том, что здесь вообще возможно авиационное производство.

Молодой конструктор обратился в дирекцию, партком и комитет комсомола завода с предложением: а давайте, пока идёт стройка, попробуем сделать самолёт: небольшой, но по «туполевацкой» технологии, то есть с силовой схемой в виде трубчатых ферм и



А. С. Москалёв с женой (1950 год, Ленинград)

с обшивкой из гофра. Будем обучать рабочих на реальном деле...

2. Первый успех

Инициатива новичка была поддержана. Работа над новой машиной сразу показала, что наш герой уже обладает необходимыми знаниями и опытом, имеет организаторские способности и вполне может встать в ряд лучших мировых специалистов в области авиации, быть достойным наследником и продолжателем идей Сикорского и Поликарпова.

Итак, есть цель: имея единственный хорошо отработанный и выпускающийся серийно полностью «советский» мотор М-11 мощностью в 100 л. с., имея, повторюсь, «туполевскую» технологию производства, сделать такую машину, чтобы она раскрыла все лучшие качества избранных для неё и мотора, и технологии, вобрала в себя все самые современные на тот момент веяния в самолётостроении.

Начнём по порядку. Аэродинамической схемой самолёта был выбран «модный» в первой половине 30-х годов моноплан-высокоплан. Это во-первых.

Подобно Сикорскому и Поликарпову, Москалёв предлагает для своего самолёта большое крыло. Это во-вторых. Однако он хотел получить большую скорость, а поэтому его крыло имеет заметное сужение. Это в-третьих.

Заметим: крыло новой москалёвской машины не «толстое», а скорее «тонкое», относительная толщина его не более 14 %, что, по мнению автора, тоже должно было способствовать повышению скорости.

И, наконец, в-четвёртых, для парирования падения подъёмной силы на режимах взлёта-посадки конструктор использовал советский «тупой» профиль крыла (то есть с большим радиусом носка) типа Р-11.

Здесь следует остановиться. В погоне за скоростью, особенно во время предвоенной гонки, авиаконструкторы часто выбирали иностранные или вновь разработанные советские «остроносые» скоростные профили крыльев. Так, например, поступил Петляков, проектируя свой самолёт сопровождения, ставший затем пикировщиком Пе-2. Однако первые же испытания показали: остроносый профиль крыла этого самолёта является причиной срыва потока с верхней поверхности того же крыла при посадке, то есть тогда, когда скорость падает, а угол атаки – растёт.

Москалёв в свои 28 лет продемонстрировал, что он разбирается в вопросах практической аэродинамики во всяком случае не хуже тогдашних

известных конструкторов. Москалёв в свои 28 лет показал, что он понимает: крыло – это сложный инструмент, обладающий неким комплексом свойств и характеристик, находящихся во взаимодействии друг с другом, и требующий к себе тонкого подхода.

Далее. По примеру Поликарпова конструктор оснастил свою машину довольно большими тонкими колёсами (два варианта: 700 и 470 мм в диаметре), но зато убрал вовнутрь фюзеляжа резиновую амортизацию шасси, а также сделал крыло свободонесущим (то есть без стоек и подкосов). Крыло для уменьшения массы было неразъёмным. Ну, а в остальном самолёт Москалёва (его назвали САМ-5, «самолёт Александра Москалёва») внешне ничем не отличался от подобных же конструкций своего времени, как в СССР, так и за рубежом. Разве что технология была, как здесь уже говорилось, «туполевской».

Опишем некоторые «мелочи» конструкции САМ-5. Фюзеляж – достаточно большого удлинения и, соответственно, небольшого воздушного сопротивления, несмотря на своё прямоугольное



Памятник А. С. Москалёву в г. Звонозуковск

сечение. Козырёк ветрового стекла максимально вписан в обвод сочетания «крыло – фюзеляж». Соответственно, обзор для лётчика хорош только в стороны, а обзор вперёд плох по современным правилам. Но так тогда было «модно».

Пилот попадал в кабину только через откидывающийся фонарь, поскольку фюзеляж за спинкой его кресла перегораживала сплошная стенка, которая разделяла пилотскую и пассажирскую кабины и играла роль силового шпангоута. Сейчас по правилам потребовалось бы облегчить покидание самолёта лётчиком – на случай аварии.

Стенкой, подобной передней, заканчивалась и кабина пассажиров. Задняя часть фюзеляжа (то есть после пассажирской кабины) была ферменной с проволочными растяжками, которые, собственно, и воспринимали крутильные нагрузки от оперения. Проволоки, конечно, следовало в эксплуатации периодически подтягивать. На таких же внутренних растяжках держалось и крыло.

Обшивка – дюралевый лист толщиной 0,3 мм, в каких-то местах с отбортовками для жёсткости, а где-то и с гофром.

Колёса закрыты обтекателями-«лаптями».

В итоге, несмотря на мнение В. Шаврова, что в целом самолёт сделан «грубовато», получилось некое торжество аэродинамики.

Отдельно следует отметить двигатель М-11. Несмотря на то, что его большие цилиндры торчат в потоке растопыренной пятернёй, несмотря на большую, по современным меркам, массу, у него были важные особенности – «всеядность» по части топлива и большой крутящий момент. Соответственно, при грамотном подборе винта можно было надеяться на получение силы тяги в 250 кг и более (в скобках: на современных интернет-форумах любителей авиастарины сейчас вспоминают, что к поликарповскому У-2 полагалось иметь 3 воздушных винта: для полёта на дальность, для сельхозработ и «обычный»; там же добавляется: 100 л. с. для мотора М-11 – это «номинальная» мощность, на хорошем бензине можно было «выжать» и 110 л.с.).

На 1 мая 1933 года САМ-5 был торжественно продемонстрирован коллективу завода. Облётывал его заводской лётчик Н.Д. Фиксон.

На испытаниях, закончившихся уже в 1934 году, САМ-5 показал выдающиеся качества: максимальная скорость 175 км/ч (У-2 с таким же двигателем—140 км/ч) при перевозке 4-х пассажиров. На одной заправке он мог лететь три часа или около 520 км. Скорость посадочная 60 км/ч. Потребная длина ВПП – не более 200 ме-

тров. Данные впечатляют и в наше время, по некоторым эксплуатационным параметрам детище Москалёва превосходило и превосходит не только аналогичные самолёты, но и автомобили.

Самолёт, как перспективный, был рекомендован к серийному производству, но, правда, с условием: основным материалом должно быть дерево, дюралья не хватало и на военные машины.

Конструкторов и его коллектив, собранный из энтузиастов, тут же приступили к работе. Поскольку авиазавод строился из расчёта на работу с металлом, Москалёву предложили проводить работу в мастерских заводского техникума.

Техникум при Воронежском авиазаводе получился из ремесленного училища, открытого ещё до революции. Учились там будущие работники мебельной промышленности. При учебном заведении изначально были построены мастерские, которые представляли собой завод в миниатюре со своей литейкой, с производством крепёжных деталей, со сборочным и окрасочным отделениями. В мастерских постоянно трудились несколько опытных рабочих-мастеров, а переменным контингентом были учащиеся. Мебель, изготовленная в училище, пользовалась спросом и широко расходилась по всей губернии.

По воспоминаниям одного из бывших сотрудников Москалёва, подростки-учащиеся с восторгом приняли предложение участвовать в постройке самолёта. Правда, потом за работниками нужно было постоянно следить: по своим «мебельным» привычкам они норовили зашпательвать, замазать, закрасить дефекты древесины, принципиально недопустимые в авиастроении.

Деревянный вариант машины, названный САМ-5бис, был готов уже в конце 1934 года. Он имел теперь разъёмное крыло с центропланом и двумя консолями, подкосы между лонжеронами и силовыми шпангоутами, фанерную обшивку фюзеляжа от носа до окончания пассажирской кабины, полотняную обшивку в хвосте. Крыло также обшивалось фанерой по носку, в местах стыков и по законцовкам, остальная поверхность была полотняной. Деревянным и полотняным было и оперение. Конструктор несколько уменьшил ширину фюзеляжа для сохранения прежней массы.

Испытывал САМ-5бис лётчик НИИ ВВС П. М. Стефановский. В отчёте была отмечена рекордная грузоподъёмность – до 45,7 % от взлётной массы. Скорость даже увеличилась в связи с отказом от гофра до 179 км/ч. Остальные параметры – на уровне металлического варианта. Самолёт был рекомендован к серийной построй-

ке в качестве связного, санитарного и пассажирского на местных линиях ГВФ.

Судя по мемуарам конструктора, тут же наметилось противостояние столичных «мэтров» и воронежского «высочки» (интересно, что например, в писательской среде тоже бытует словосочетание «провинциальный автор», то есть заведомо ущербный и мелкотравчатый). Приведу в своём изложении фразу из мемуаров: сейчас говорят, что «враги народа» – сталинская выдумка. На самом деле враги были, но их не там искали.

Так или иначе, но завода для серийного выпуска САМ-5бис не нашлось. Конструктору предложили наладить серийное производство самолёта пока только в санитарном варианте прямо в техникуме. А для этого его назначили директором техникума, естественно, с ответственностью и за учебную работу. Выпуск мебели, конечно, пришлось отставить.

Но нет худа без добра. А. Москалёв получил возможность на месте доводить свою машину, разрабатывая новые варианты прежней конструкции. Менялись двигатели, так, вместо звездообразного М-11 устанавливался рядный МВ-4 мощностью 140 л.с. Вводились гаргроты – скругления сверху фюзеляжа. Конструктор менял диаметр колёс, вводил обтекатели на них...

Был построен самолёт САМ-5-2бис с профилем Р-11С с уменьшенным крылом, но с введением на нём механизации – предкрылками и щелевыми (новость в 30-е годы) закрылками. Подкосы были убраны, крыло вновь стало неразъёмным. Скорость увеличилась до более чем 200 км/ч. Высота – до 4200 метров. В сплошной стенке между пилотской и пассажирской кабинами появился вырез для удобства в эксплуатации. Конструктор предлагал военным заказчикам самолёты в десантном и в транспортном вариантах. Последней модификацией удачной машины стал САМ-25, построенный уже во время войны и рассчитанный на послевоенную эксплуатацию, в том числе и с оборудованием для обработки полей.

Всего в техникуме до июня 1941 года было построено по одним сведениям 40, по другим 60 машин (по В.Б. Шаврову 37 экз.). Они неплохо потрудились до войны, а во время войны использовались как транспортные и связные в тылу и в

прифронтовой зоне, летали к партизанам, вывозили раненых и гражданское население из осаждённого Сталинграда.

Отдельно надо сказать о рекордных полётах.

В сентябре 1936 года лётчик Н. Д. Фиксон и бортмеханик А.С. Бузунов на САМ-5бис пролетели по замкнутому маршруту Воронеж – Москва – Харьков – Воронеж. На 1600 километров было потрачено 12 часов лётного времени.

Через месяц был ещё один «громкий» перелёт. Тот же экипаж летит по маршруту Севастополь – Геническ – Мариуполь – Ростов-на-Дону – Сталинград – Астрахань – Сталинград – Горький. За 25 часов и 5 минут лётного времени было пройдено 3200 км. Лётчик бесценно находился в кабине и отдыхал, привязывая ручку управления к приборной доске. Устойчивая конструкция позволяла и такое. В.Б. Шавров отмечает «резвость» самолёта: имея взлётную массу в 1500 кг, то есть будучи перегруженным, САМ-5 бис оторвался от земли через 35 секунд.

И, наконец, абсолютно рекордный перелёт Москва – Красноярск. Лётчики А.Н. Гусаров и В.Л. Глебов 23–24 сентября 1937 года за 19 часов 59 минут лётного времени на самолёте САМ-5-2бис пролетели без посадок 3513 км. Рекорд был зарегистрирован ФАИ. Конструктор получил за свою машину Государственную премию.

В следующем, 1938 году лётчик В.Л. Глебов с бортмехаником А.С. Бузуновым на самолёте САМ-5-2бис с двигателем МГ-31 мощностью 160 л.с. набрали высоту 7000 метров.

В том же году на том же самолёте В.Н. Бородин в одиночку достиг высоты 8000 метров.

А летом 1939 года лётчик Б.К. Кондратьев на САМ-5-2бис с мотором М-11ФН с увеличенными оборотами, воздушным нагнетателем и мощностью 200 л.с. достиг высоты 8400 метров при обычной погоде и 8900 метров в грозу.

В заключение скажем, что работая в своём техникуме, А.С. Москалёв избежал большой беды. «Чистки» 1937-38 годов во всей стране и в авиационных организациях тоже не обминули и Воронежский авиационный завод. В числе прочих руководителей был репрессирован и К.А. Калинин, Главный конструктор, известный несколькими собственными удачными разработками.

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!
ВСЕУКРАИНСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ АССОЦИАЦИЯ
ТЕХНОЛОГОВ-МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ УКРАИНЫ В 2017 Г. ПРОВОДИТ:

20–24 февраля 2017 г.

17-й Международный научно-технический семинар
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И НА ТРАНСПОРТЕ» (M17-1)
(г. Свалява, Карпаты)

Тематика семинара

- Современные тенденции развития технологии машиностроения
- Подготовка производства как основа создания конкурентоспособной продукции
- Состояние и перспективы развития заготовительного производства
- Совершенствование технологий механической и физико-технической обработки в машино- и приборостроении
- Упрочняющие технологии и покрытия
- Современные технологии и оборудование в сборочном и сварочном производстве
- Ремонт и восстановление деталей машин в промышленности и на транспорте, оборудование для изготовления, ремонта и восстановления
- Технологическое управление качеством и эксплуатационными свойствами изделий
- Технический контроль и диагностика в машино- и приборостроении
- Экологические проблемы и их решения в современном производстве

29 мая–02 июня 2017 г.

17-ю Международную научно-техническую конференцию
«ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТИ И РЕНОВАЦИЯ ИЗДЕЛИЙ» (M17-2) (г. Одесса)

Тематика конференции

- Научные основы инженерии поверхности:
- материаловедение; физико-химическая механика материалов; физикохимия контактного взаимодействия; износо- и коррозионная стойкость, прочность поверхностного слоя; функциональные покрытия и поверхности
- Трение, износ и смазка в машинах
- Технологическое управление качеством и эксплуатационными свойствами деталей машин
- Технология ремонта машин, восстановления и упрочнения деталей
- Метрологическое обеспечение ремонтного производства
- Экология ремонтно-восстановительных работ

В рамках конференции проводится практический семинар
«Сварка, наплавка и другие реновационные технологии на предприятиях
горнометаллургической и машиностроительной промышленности»

Тематика семинара:

- Сварка при изготовлении и ремонте деталей: оборудование, материалы, технологии
- Наплавка при восстановлении и упрочнении деталей: оборудование, материалы, технологии
- Родственные реновационные процессы: оборудование, материалы, технологии

сентябрь 2017 г.

17-ю Международную научно-практическую конференцию с действующими семинарами
«КАЧЕСТВО, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, КОНТРОЛЬ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА» (КСК-17)
(место и время проведения будет уточнено)

Тематика конференции

- Построение национальных систем технического регулирования в условиях членства в ВТО и ЕС: теория и практика
- Процессно-ориентированные интегрированные системы управления: теория и практика
- Стандартизация, сертификация, управление качеством в промышленности, электроэнергетике, сельском хозяйстве и сфере услуг
- Внедрение стандартов ДСТУ 9001:2009 в высших учебных заведениях, медицинских учреждениях и органах государственной службы
- Метрологическое обеспечение и контроль качества продукции в промышленности, электроэнергетике, сельском хозяйстве и сфере услуг
- Обеспечение качества и конкурентоспособности продукции (услуг) на внутреннем и внешнем рынке
- Внедрение информационных технологий в процессы адаптации, сертификации и управления качеством
- Проблемы гармонизации законодательной и нормативно-технической документации

По вопросам участия в мероприятиях обращаться по адресу:

04074, г. Киев, ул. Автозаводская, 2. АТМ Украины. Тел. /Факс +38-044-430-85-00,
www.atmu.net.ua E-mail: atmu@ism.kiev.ua, kopeykina@voliacable.com, atmu@meta.ua