

**Министерство образования и науки
Российской Федерации
ГОУ ВПО «Российский химико-технологический университет
им. Д.И.Менделеева»**

Новомосковский институт (филиал)

Сафонов Б.П.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СЕРВИСЕ

Часть 2

Учебное пособие для студентов специализации 230712

изд. 4-е, переработанное и дополненное

**Новомосковск
2011**

УДК 621.793.3:541.13+621.7+621.35
ББК 24.57+34
С 217

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *С.И. Сидельников*
(НИ (филиал) ГОУ ВПО РХТУ им. Д.И. Менделеева)
кандидат технических наук, доцент *А.М. Козлов*
(НИ (филиал) ГОУ ВПО РХТУ им. Д.И. Менделеева)

Сафонов Б.П.

С 217 Технологические процессы в сервисе. Часть 2. Учебное пособие для студентов специализации 230712. Изд. 4-е, переработанное и дополненное / РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал); Новомосковск, 2011. – 74 с.

Учебное пособие является второй частью курса ТПС, в котором изучается номенклатура машиностроительных материалов и стандартных металлических изделий (полуфабрикаты и метизы), сертификация материалов, методы получения, упрочнения и восстановления работоспособности деталей автомобилей. В пособии рассматриваются также практические расчеты: выбор марки конструкционной стали по заданным свойствам, назначение технологии термообработки изделия, технологические расчеты ручной дуговой сварки.

В 4-ом издании уточнены ГОСТы на конструкционные материалы, дополнена информация по технологическому оборудованию по обработке заготовок давлением и сварке, введен пункт по принципам выбора сталей для изготовления деталей машин и механизмов, по типовым технологиям упрочняющей обработки изделий.

Ил. 20. Табл. 44. Библиогр. список 21 назв. Приложение

УДК 621.793.3:541.13+621.7+621.35
ББК24.57+34

© Б.П.Сафонов, 2011
© ГОУ ВПО «Российский химико-технологический
университет им. Д.И. Менделеева»,
Новомосковский институт (филиал), 2011

Предисловие

Технологические процессы в сервисе (ТПС) – специальная дисциплина, изучающая способы изготовления деталей, поддержания их в рабочем состоянии и восстановления, при необходимости, работоспособности деталей автомобиля.

Учебное пособие является второй частью курса ТПС, в которой изучается сертификация материалов по механическим свойствам, номенклатура машиностроительных материалов и стандартных металлических изделий (металлические полуфабрикаты и метизы), методы упрочнения деталей термической и химико-термической обработкой, получения, и восстановления работоспособности деталей автосервиса.

Широкая номенклатура деталей в автомобилестроении изготавливается из металлических полуфабрикатов (листовой, сортовой, фасонный прокат, трубы и др.). Большое применение находят стандартные металлические изделия (метизы) резьбовые (болты, винты, шпильки, гайки) и нерезьбовые (шайбы, шпонки, штифты, заклёпки и др.), выпускаемые крупносерийно метизными заводами.

Для получения заготовок и изделий в автомобилестроении используются разнообразные технологические методы: литье, обработка давлением, сварка, пайка и наплавка. В пособии подробно рассматриваются методы, применяемые на ремонтных предприятиях автосервиса, это – ковка, листовая штамповка. Основное внимание в пособии уделяется самому распространенному методу ремонта и восстановления деталей, ручной дуговой сварке.

Для получения деталей заданных формы, размеров и чистоты поверхности используются различные методы механической обработки (точение, фрезерование, шлифование, хонингование и др.). При этом используется соответствующее металлорежущее оборудование (токарные и токарно-винторезные, фрезерные, сверлильные, строгальные, шлифовальные и др. станки) и режущий инструмент (токарные резцы, фрезы, свёрла, развёртки, шлифовальные круги и др.).

В пособии рассматриваются практические расчеты: выбор марки конструкционной стали по заданным свойствам, назначение технологии термической и химико-термической обработки ремонтируемых деталей, технологические расчеты ручной дуговой сварки. Знание этих вопросов весьма полезно для инженерно-технических работников, занятых разработкой технологии ремонта и восстановления деталей автосервиса.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 230712 всех форм обучения. Сведения, излагаемые в курсе ТПС, являются основой у студентов инженерного кругозора в области материаловедения и технологических методов получения заготовок и изделий в автомобилестроении.

Введение

В автомобилестроении, как ни в какой другой отрасли машиностроения, используется широкий спектр материалов и технологических методов получения заготовок и изделий.

По природе машиностроительные материалы можно разделить на 3 группы:

- **металлы и металлические сплавы:** медь, алюминий, стали, чугуны, цветные сплавы;
- **неметаллы:** пластмассы, резины, силикатные стекла, лакокрасочные материалы, клеи, древесина и др.;
- **композиционные (композиты)** - искусственные материалы, получаемые сочетанием химически разнородных компонентов: карбоволокнути, боловолокнути и др.

По технологии получения изделий машиностроительные материалы делятся на 3 группы:

- **литейные** – изделия получают в виде отливок из жидкого металла (блок цилиндров ДВС и др.). В автомобиле ~ 50% деталей получают литьем;
- **деформируемые** – изделия из полуфабрикатов получают давлением (детали кузова, шатуны, тяги и др.);
- **спеченные** – изделия получают методами порошковой металлургии (железографитовые втулки подшипников скольжения, твердосплавные пластины для армирования режущего инструмента и др.).

По назначению материалы можно разделить на три группы: **конструкционные** (применяются для изготовления деталей, воспринимающих механическую нагрузку, это рама автомобиля, силовые элементы кузова, подвески, детали двигателя и др.), **инструментальные** (для изготовления режущего и деформирующего инструмента) и **специальные** (проводниковые, антифрикционные, фрикционные и др. материалы, обладающие определенными эксплуатационными свойствами). В курсе ТПС основное внимание уделяется конструкционным материалам.

При проведении ремонтно-восстановительных работ на предприятиях автосервиса широко применяются методы механической и слесарной обработки деталей. При механической обработке используются металлорежущие станки, при слесарной обработке используется ручной режущий и деформирующий инструмент.

Разработка технологического процесса восстановления работоспособности деталей предполагает составление маршрутно-технологических карт ремонтных работ, использование которых позволяет оптимизировать номенклатуру технологического оборудования и максимально снизить трудозатраты на выполнение ремонта.

Тема №1. Сертификация материалов

Для обеспечения работоспособности деталей автомобиля материалы, используемые в автосервисе должны отвечать определённым требованиям, которые оговариваются в нормативных документах на материалы.

В России используются следующие основные виды нормативной документации на техническую продукцию: ГОСТы, ОСТы, ТУ и др.

ГОСТ – это аббревиатура от словосочетания «государственный стандарт». Соответствующие ГОСТы разрабатываются различными организациями, специализирующимися на определенных областях деятельности. Разработанные ГОСТы регистрирует Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. ГОСТ – одна из основных категорий стандартов в РФ. Федеральный Закон «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. в целях гармонизации российской системы технического регулирования с международной предусматривает постепенную замену ГОСТов техническими регламентами. До тех пор пока не разработаны технические на промышленные сплавы, ГОСТы обязательны, если речь идет о безопасности людей, сохранности окружающей среды и имущества (муниципального, государственного, частного).

На продукцию разрабатывают стандарты общих технических условий, которые содержат общие требования к группам однородной продукции, и технических условий, которые содержат требования к конкретной продукции.

ОСТ – отраслевой стандарт устанавливаются на те виды продукции, которые являются объектами государственной стандартизации; на нормы, правила, требования, понятия и обозначения, регламентация которых необходима для обеспечения оптимального качества продукции данной отрасли. Объектами отраслевой стандартизации в частности могут быть отдельные виды продукции ограниченного применения, технологическая оснастка и инструмент, предназначенные для применения в данной области, сырье, материалы, полуфабрикаты внутриотраслевого применения, отдельные виды товаров народного потребления. Также объектами могут быть технические нормы и типовые технологические процессы, специфичные для данной отрасли, нормы, требования и методов в области организации проектирования; производства и эксплуатации промышленной продукции и товаров народного потребления.

ТУ – технические условия, это документ, устанавливающий технические требования, которым должны удовлетворять конкретное изделие, материал, вещество и пр. или их группу. Кроме того, в них должны быть указаны процедуры, с помощью которых можно установить, соблюдены ли данные требования.

Используемые для изготовления деталей автомобиля материалы должны иметь сертификаты соответствия.

Сертификат – документ, выдаваемый соответствующим уполномоченным органом и удостоверяющий качество, вес, происхождение и другие свойства товара.

Механические свойства – свойства материала, определяемые либо пластическим деформированием (вдавливание, изгиб), либо разрушением (разрыв, удар) специального образца на специальном оборудовании (таблица 1).

Таблица 1 Основные механические свойства металлов

Наименование (размерность)	Обозначение, формула для определения	Назначение, применимость
ГОСТ 1497–84 Методы испытания на растяжение		
Условный предел текучести (МПа, кгс/мм ²)	$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0}$	Для определения допускаемых напряжений конструкционных материалов используемых в расчетах на прочность деталей машин
Предел прочности (МПа, кгс/мм ²)	$\sigma_B = \frac{P_{\max}}{F_0}$	
Относительное удлинение (%)	$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0}$	Для оценки надежности конструкционных материалов
Относительное сужение (%)	$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0}$	
ГОСТ 9454 –78 Метод испытания на ударный изгиб		
Ударная вязкость (Дж/см ² , кгсм/см ²)	$KCU = \frac{KU}{F_H}$	Для оценки надежности. Для определения порога хладноломкости конструкционных материалов
ГОСТ 9012–59 Измерение твердости по Бринеллю		
Твердость по Бринеллю (МПа, кгс/мм ²)	$HB = \frac{P}{F_{отп}}$	Приемосдаточная характеристика металла HB<450
ГОСТ 9013–59 Измерение твердости по Роквеллу		
Твердость по Роквеллу	HRB	Для мягких материалов HRB 25-100
	HRC	Для термообработанных сталей HRC 20-67
	HRA	Для твердых сплавов HRA 68-100
ГОСТ 2999–75 Метод измерения твердости алмазной пирамидой по Виккерсу		

Наименование (размерность)	Обозначение, формула для определения	Назначение, применимость
Твердость по Виккерсу (МПа, кгс/мм ²)	$HV = \frac{P}{F_{отп}}$	Для тонких образцов и упрочненных поверхностных слоев
<i>ГОСТ 25.507–85 Испытания на усталость</i>		
Предел выносливости (МПа, кгс/мм ²)	$\sigma_{-1} = \sigma_{\max}$ при базовом числе циклов нагружения	Для деталей, работающих при циклическом нагружении

Лаборатория механических испытаний предприятия автосервиса должна быть оснащена необходимым испытательным оборудованием для определения основных механических характеристик материалов (см. таблицу 1): разрывные машины (испытания по ГОСТ1497–84), твердомеры (испытания по ГОСТам 9012–59, 9013–59, 2999–75), маятниковые копры (испытания по ГОСТ 9454–78) и др.

Твердость является самой технологичной характеристикой свойств металла, поскольку её определение возможно без использования специальных образцов. По твердости возможна оценка других механических свойств металла (таблица 2).

Таблица 2 Эмпирические формулы для оценки механических свойств сталей

Формула*	Примечание
$\sigma_B = 0,345HB$	Углеродистые и низколегированные стали
$\sigma_{0,2} = 0,2HB$	$HB(150$
$\sigma_{0,2} = 0,367HB - 24$	$HB)150$
$\sigma_{-1} = 0,25\sigma_B(1 - 1,35\psi)$	ψ – в относительных единицах
$\sigma_{-1} = 0,1HB + 100$, МПа	углеродистые стали
$\sigma_{-1} = 0,1HB + 150$, МПа	низколегированные стали типа 40X, 40XH и др.
* Данные: Марковец М.П. Определение механических свойств металлов по твердости. – М.: Машиностроение, 1979. – 191 с. При использовании формул таблицы следует иметь в виду, что они применимы для указанных сталей, полученные значения свойств при этом следует рассматривать как ориентировочные.	

Для подвижных соединений деталей машин (зубчатые зацепления, опоры скольжения и др.) одним из основных эксплуатационных свойств является интенсивность изнашивания, определяемая по формуле 1

$$I_h = \frac{\Delta h}{L_{тр}} \quad , \quad (1)$$

где Δh – износ поверхности взаимодействия детали (зеркало цилиндра, тормозная колодка), мм; $L_{тр}$ – путь трения, пройденный деталями трибосопряжения, по достижении Δh , мм.

В таблице 3 приведены данные о величине интенсивности изнашивания для некоторых трибосопряжений автомобиля.

Таблица 3 Значения интенсивности изнашивания для деталей автомобиля

Детали трибосопряжений	Интенсивность изнашивания*
Гильзы цилиндров ДВС	$(1,1-5,6) \times 10^{-11}$
Шатунные шейки коленчатого вала ДВС	$4 \times 10^{-11} - 5 \times 10^{-12}$
Коренные шейки коленчатого вала ДВС	$1,6 \times 10^{-11} - 1,8 \times 10^{-12}$
Фрикционные элементы колодочного тормоза	$(2-6) \times 10^{-7}$
Протектор шины по асфальтовому покрытию	$(1-20) \times 10^{-9}$
* Данные: Трение, изнашивание и смазка: Справочник. В 2-х кн./Под ред. И.В.Крагельского, В.В.Аликина. – М.:Машиностроение, 1978. – Кн.1. 1978. 400 с.	

Тема №2. Номенклатура машиностроительных материалов

Сплавы Fe–C (стали и чугуны) являются основным конструкционным материалом современного машиностроения. В таблице 4 представлена классификация сплавов железа с углеродом по составу, способу производства, качеству и назначению.

Таблица 4 Классификационная таблица сплавов железа

Количественный признак	Название сплава в соответствии с классификационным признаком	Отражение в маркировке
<i>Содержание л. э.</i>	<i>Химический состав</i>	
$\Sigma \text{ л.э}=0$	углеродистая сталь	1. Л. э. обозначаются буквами русско-
$\Sigma \text{ л.э}<2,5 \%$	низколегированная сталь	
$\Sigma \text{ л.э}=2,5-10 \%$	среднелегированная сталь	

Количественный признак	Название сплава в соответствии с классификационным признаком	Отражение в маркировке
$\Sigma \text{ л.э.} = 10-50 \%$	высоколегированная сталь	го алфавита; 2. Количество л. э. – после буквы в целых процентах.
$\Sigma \text{ л.э.} > 50 \%$	легированный сплав на железоникелевой или никелевой основе	
<i>Содержание кремния</i>	<i>Способ производства</i>	
Si<0,1%	сталь кипящая	кп*
Si=0,1-0,17%	сталь полуспокойная	пс*
Si=0,15-0,35%	сталь спокойная	сп*
<i>Содержание серы и фосфора</i>	<i>Качество</i>	
S=0,055-0,06 % P=0,05-0,07 %	сталь обыкновенного качества	
S = 0,035 % P = 0,035 %	сталь качественная	
S = 0,025 % P = 0,025 %	сталь высококачественная	А*
S = 0,015 % P = 0,015 %	сталь особовысококачественная	-Ш*
<i>Содержание углерода</i>	<i>Назначение</i>	
C<0,2%	сталь для сварных конструкций, цементуемая сталь	
0,3<C<0,5%	сталь для силовых деталей машин (улучшаемая)	
0,5<C<0,7%	сталь для упругих элементов машин (рессорно-пружинная сталь)	
0,7<C<2,5%	сталь для режущего, мерительного и деформирующего инструмента	
2,5<C<4,0%	чугун – литой или наплавочный материал для работы в условиях абразивного изнашивания	
* указывается в конце марки		

В России технические сплавы имеют **буквенно-цифровую маркировку**. В основу маркировки положены следующие принципы:

- **химический состав** сплава (основной принцип маркировки сталей и ряда цветных сплавов);

- **механические свойства** сплава (принцип маркировки чугунов и ряда других сплавов);
- **эксплуатационные свойства** сплава (принцип маркировки электротехнических сталей и др.);
- **градация по маркам** (принцип маркировки сталей обыкновенного качества и ряда других сплавов)

При маркировке технических сплавов по химическому составу **легирующие элементы**, входящие в состав сплава, условно обозначаются **буквами русского алфавита** (таблица 5), количество легирующего элемента в сплаве обозначается числом, чаще всего **в целых процентах**, которое указывается **сразу за соответствующей буквой** (стали, литейные латуни и бронзы) или числа, характеризующие количество легирующих элементов в сплаве, группируются отдельно (деформируемые латуни и бронзы). Схемы маркировки некоторых технических сплавов представлены в таблицах 6,7.

Таблица 5 Условное обозначение легирующих элементов в маркировке технических сплавов

Элемент (хим. символ)	Буква русского алфавита	
	Стали	Цветные сплавы
Азот (N)	А (в середине марки)	-
Алюминий (Al)	Ю	основа¹, А
Бериллий (Be)	-	Б
Бор (В)	Р	-
Ванадий (V)	Ф	Вам
Вольфрам (W)	В	-
Железо (Fe)	основа²	Ж
Кадмий (Cd)	-	Кд
Кобальт (Co)	К	К (Ко)
Кремний (Si)	С	К (Кр)
Магний (Mg)	-	Мг
Марганец (Mn)	Г	Мц
Медь (Cu)	Д	основа³, М
Молибден (Mo)	М	-
Никель (Ni)	Н	Н
Ниобий (Nb)	Б	Нб
Олово (Sn)	-	основа⁴, О
Свинец (Pb)	С (автоматн. сталь)	основа⁵, С
Селен (Se)	Е	Ст
Сурьма (Sb)	-	Су

Элемент (хим. символ)	Буква русского алфавита	
	Стали	Цветные сплавы
Серебро (Ag)	-	Ср
Титан (Ti)	Т	Ти
Фосфор (P)	П	Ф
Хром (Cr)	Х	Х (Хр)
Цинк (Zn)	-	основа⁶, Ц
Примечания: жирным шрифтом выделены часто употребляемые легирующие элементы. Основа сплавов 1–алюминиевые конструкционные сплавы, подшипниковые сплавы; 2–стали и чугуны; 3–бронзы, латуни; 4–оловянные баббиты; припои ПОС, ПОЦ; 5–свинцовые баббиты; 6–латуни, подшипниковые сплавы.		

Таблица 6. Схемы маркировки деформируемых сплавов

Группа сплавов	ГОСТ	Схема маркировки	Примеры
Сталь обыкновенного качества	380–2005	Ст+№марки+раскисление	Ст3кп, Ст3сп, Ст3пс
Сталь строительная	27772–88	С+σ _r МПа	С285
Сталь качественная конструкционная	1050–88	%С×100+раскисление	08, 08кп, 08пс
Сталь легированная конструкционная	4543–71	%С×100+ЛЭ+%ЛЭ+ категория качества ЛЭ – легирующие эл-ты	30ХГС 30ХГСА 30ХГС-Ш
Сталь рессорно-пружинная	14959–79	%С×100+ЛЭ+%ЛЭ+ категория качества ЛЭ – легирующие эл-ты	65, 70, 70Г, 60С2, 70С3А, 60С2ХА
Сталь низколегированная универсальная	19282–73	%С×100+ЛЭ+%ЛЭ ЛЭ – легирующие эл-ты	09Г2, 14Г2, 12ГС, 16ГС, 17ГС, 15Г2СФД
Сталь для армирования ж/б конструкций	5781–82	%С×100+ЛЭ+%ЛЭ ЛЭ – легирующие эл-ты	18Г2С, 20ХГ2Ц, 25Г2С, 35ГС
Сталь высокой обрабатываемости резанием	1414–75	А+%С×100+ ЛЭ+%ЛЭ сернистая	А20 А40Г
		АС+%С×100+ ЛЭ+%ЛЭ свинцовосодержащая	АС14 АС30ХМ
Сталь нелегированная инструментальная	1435–99	У+%С×10+ категория качества	У7 У7А
Сталь легированная инструментальная	5950–2000	%С×10+ЛЭ+%ЛЭ	9ХФ, 13Х
		ЛЭ+%ЛЭ	ХВГ, Х12М
Сталь высоколегированная	5632–72	%С×100+ЛЭ+%ЛЭ	12Х18Н10Т
Сплав на Fe-Ni ос-	5632–72	ХН+%Ni+ЛЭ	ХН35ВТ

Группа сплавов	ГОСТ	Схема маркировки	Примеры
новые		Ni<50%	
Сплав на Ni основе	5632–72	H+%Ni+ЛЭ ХН+%Ni+ЛЭ Ni>50%	H70МВФ ХН65МВ
Сталь подшипниковая	801–78	ШХ+%Cr×10	ШХ15
Сталь быстрорежущая	19265–73	P+%W	P18
Алюминиевые сплавы	4784–97	Элементный состав Al-Mn и др.	АМц
		Название Высокопрочный и др.	В95
		Название Дуралюмин и др.	Д16
		Название организации-разработчика ВИАМ и др.	ВАД
Латунь	15527–70	Л+ЛЭ+%Cu+%ЛЭ Zn – остальное	ЛЖМц59-1-1
Бронза оловянная	5017–2006	Бр+ЛЭ+%ЛЭ Cu – остальное	БрОФ2-0,25
Бронза безоловянная	18175–78	Бр+ЛЭ+%ЛЭ Cu – остальное	БрАЖН10-4-4
Медно-никелевые сплавы	492–2006	МН+ЛЭ+%Ni+%ЛЭ Cu – остальное	МНЖ5-1
Титановые сплавы	19807–91 27265–87	Название организации разработчика ВТ – «ВИАМ титан» ОТ – «Опытный титан» ПТ – «Прометей титан»	ВТ1-00 ОТ4-1 ПТ-7Мсв

Таблица 7 Схемы маркировки литейных сплавов

Группа сплавов	ГОСТ	Схема маркировки	Примеры
Сталь	977–88	%C×100+Л	20Л
		%C×100+ЛЭ+%ЛЭ+Л	20Х13Л
Серый чугун	1412–85	СЧ+σ _В кгс/мм ²	СЧ15
Высокопрочный чугун	7293–85	ВЧ+ σ _В кгс/мм ²	ВЧ40
Ковкий чугун	1215–79	КЧ+ σ _В кгс/мм ² +δ%	КЧ30-6
Алюминиевые сплавы	1583–93	A+ЛЭ+%ЛЭ	АК12
Латунь	17711–93	ЛЦ+%Zn+ЛЭ+%ЛЭ Cu – остальное	ЛЦ30А3
Бронза оловянная	613–79	Бр+ЛЭ+%ЛЭ	БрО10Ф1
Бронза безоловянная	493–79	Cu – остальное	БрА10Ж3Мц2

Группа сплавов	ГОСТ	Схема маркировки	Примеры
ная			БрА10Ж4Н4Л

Для углеродистых и низколегированных сталей содержание углерода однозначно определяет прочность стали, а, следовательно, и область ее применения (см. таблицу 4). Для средне- и особенно высоколегированных сталей эксплуатационные свойства сплава помимо содержания углерода определяются количеством и сочетанием легирующих элементов (таблица 8).

Таблица 8 Влияние легирующих элементов на эксплуатационные и технологические свойства сталей

Легирующие элементы (см. символы в таблице 5)	Характер влияния на свойства
<i>Влияние на эксплуатационные свойства</i>	
Si, Mn, V, W, Mo, Ni, Cr	Повышают прочность
V, Nb	Повышают пластичность
Cr ¹ и (Cr ¹ + Ni)	Коррозионная стойкость
Ti, Nb	Сопротивление МКК ²
Cr = 13-25 %	Хладостойкость $t_{\text{раб}} = -269^{\circ}\text{C}$
Ni = 8-25 %	
W ³	Красностойкость режущего инструмента
W, Mo, Nb	Повышают жаропрочность
Al, Si, (Ni + Cr), Ti	Повышают жаростойкость
<i>Влияние на технологические свойства</i>	
Si, Mn, Cr, W	Повышают прокаливаемость
W, Mo	Уменьшают склонность к отпускной хрупкости
Примечание: 1 – Cr > 13 % ; 2 – МКК - межкристаллитная коррозия; 3 – W>6%;	

Конструкционный чугун – литейный сплав Fe–C, содержит 2,14 – 4,3% углерода. Конструкционные чугуны (сокращенно просто чугуны) применяются для изготовления литых деталей, работающих в условиях статических и циклических нагрузок, а также антифрикционные детали. В автомобилестроении из чугуна изготавливают блоки цилиндров, коленчатые валы, тормозные диски и др. детали

Структура чугунов представляет собой металлическую матрицу и включения свободного углерода в виде графита. Наличие графитовых включений придает чугуну антифрикционность.

По форме графитовых включений различают следующие виды конструкционных чугунов:

- **серый чугун** (чугун с пластинчатым графитом) ГОСТ 1412–85;

- **высокопрочный чугун** (чугун с графит шаровидным графитом) ГОСТ 7293–85;
- **ковкий чугун** (чугун с хлопьевидным графитом) ГОСТ 1215–79.

Конструкционные чугуны маркируются по механическим свойствам (см. таблицу 7).

К **специальным сплавам** относятся сплавы узкоспециализированного применения: подшипниковые, для нагревательных элементов и др.(таблица 9).

Таблица 9

Специальные сплавы

Название	Примеры маркировки	Применение
Твердые сплавы	ВК3, Т15К6, ВК8	Армирование режущего инструмента
Реостатные сплавы	МНМц43-0,5 МНМц40-1,5	Образцовые сопротивления
Жаростойкие сплавы с высоким удельным электросопротивлением	X13Ю4, X20Н80, X15Н60	Нагревательные элементы
Магнитотвердые материалы	ЕХ, ЕХ3, ЕХ5К5	Постоянные магниты
Электротехническая сталь	3311, 3411 (Э, ЭА, Э11)	Сердечники трансформаторов
Магнитомягкие материалы	45Н, 45НК	Радиотехнические детали
Инвары	Н36, Н48, Н31К6	Детали приборов с низким коэффициентом линейного расширения
Элинвар	Н35ХМВ	Детали приборов с низким температурным коэффициентом модуля упругости
Баббиты	Б88, Б16, БН, БКА	Антифрикционный слой биметаллических вкладышей подшипников скольжения
Алюминиевые подшипниковые сплавы	АСМ; АН-2,5; АО9-1	
Цинковые подшипниковые сплавы	ЦАМ9-1,5; ЦАМ10-5	
Антифрикционные чугуны	АЧС-1, АЧК-1, АЧВ-1	Вкладыши подшипников скольжения
Железографитовые материалы	ЖГр-3-Д-3 ЖГр-1-20пф	Втулки подшипников скольжения
Припои	ПОС-61, ПОЦ-60, ПМЦ-36, ПСр-1,5	Паяные соединения

В машиностроении применяются многослойные металлы, которые именуются биметаллами. **Биметалл** состоит из основного металла (обычно это сталь 20 или Ст3) и плакирующего металла (обычно это коррозионностойкий, антифрикционный или износостойкий металл). В автомобилестроении

биметаллы находят широкое применение: поршни (сплав Al + Sn), вкладыши подшипников скольжения коленчатого вала (сталь 20 + антифрикционный сплав), топливный бак (сталь 20 + Pb), топливопроводы (двухслойная сталь) и др.

Для материалов подшипников скольжения основным эксплуатационным свойством является **антифрикционность**, т.е. способность материала работать в условиях трения. Сплавы для подшипников скольжения разделяются на сплавы, работающие в условиях сухого трения, граничной смазки и жидкостного трения (подшипниковые сплавы).

Для работы в условиях сухого трения и граничной смазки применяются:

- **антифрикционный чугун** ГОСТ 1585–85 свободный графит играет роль смазки (АЧС-1, АЧС-2 - на основе серого чугуна, АЧК-1 - на основе ковкого чугуна, АЧВ-1 - на основе высокопрочного чугуна);
- **железо-графитовые спеченные материалы** (ЖГр-1-20 ПФ → 1% графита, Fe – ост; ЖГр-3-Д-3 → 3% графита, 3% Cu);
- **оловянные бронзы** (БрС30; Бр010С10; Бр010Ф1; БрОЦ 4-3 и др.).

Для работы в условиях жидкостного трения применяются специальные **подшипниковые сплавы**, которые наносятся на стальную основу:

- **баббиты** – подшипниковые сплавы на основе Sn или Pb (Б83 → 83% Sn, 11% Sb, 6% Cu; Б16 → 16% Sn, 16% Sb, 2% Cu, Pb – основа);
- **алюминиевые сплавы** (АО 9-1 → 9% Sn, 1% Cu, Al – основа);
- **цинковые сплавы** (ЦАМ9-1,5 → 9% Al, 1,5% Cu, Zn – основа; ЦАМ10-5 → 10% Al, 5% Cu, Zn – основа).

Припой – сплавы для пайки. При пайке температура плавления припоя значительно ниже температуры плавления материала соединяемых деталей, поэтому при пайке не наблюдается коробления деталей, имеющее место при сварке, особенно тонкостенных деталей.

Припои делятся на мягкие ($t_{пл} < 400^{\circ}\text{C}$) и твердые ($t_{пл} > 400^{\circ}\text{C}$)

Мягкие припои имеют $\sigma_B = 5-7 \text{ кгс/мм}^2$, их применяют для обеспечения герметичности и электрического контакта (несиловые швы) соединяемых деталей, твердые припои применяют для образования силовых паяных швов:

- **оловянно-свинцовые припои ПОС** $t_{пл} = 190 - 280^{\circ}\text{C}$ (ПОС 30 → 30% Sn; 2,5% Sb; Pb – ост). ПОС применяют в основном для пайки медных проводов;
- **оловянно-цинковые припои ПОЦ** $t_{пл} = 198 - 400^{\circ}\text{C}$ (ПОЦ – 40 → 40% Sn, Zn – ост.). ПОЦ применяют для пайки Al, Mg и их сплавов;
- **медно-цинковые припои ПМЦ** $t_{пл} = 825 - 860^{\circ}\text{C}$ (ПМЦ – 36 → 36% Cu, Zn – ост.). ПМЦ применяют для пайки сталей и медных сплавов;
- **серебряные припои ПСр** $t_{пл} = 660 - 850^{\circ}\text{C}$ (ПСр 70 → 70% Ag). ПСр применяют для пайки различных металлов в различных сочетаниях (универсальные припои).

Тема №3. Металлические полуфабрикаты

Металлические полуфабрикаты – продукты металлургического производства, служащие заготовками для деталей в машиностроении и при изготовлении металлоконструкций.

Металлические полуфабрикаты получают обработкой давлением металлических слитков: прокатка, волочение, прессование и др. В этой связи различают следующие виды полуфабрикатов:

- **прокатные полуфабрикаты;**
- **волоченные полуфабрикаты;**
- **прессованные полуфабрикаты** и др.

В зависимости от температурного режима производства полуфабрикаты бывают:

- **горячедеформированные полуфабрикаты;**
- **холоднодеформированные полуфабрикаты.**

Прокатные и прессованные полуфабрикаты бывают как горячедеформированные, так и холоднодеформированные, волоченные – только холоднодеформированные (определение горячей и холодной деформации см. 6.1).

Форма поперечного сечения полуфабриката называется **профилем**. **Сортамент** – совокупность профилей полуфабриката разных размеров. Прокаткой получают наибольшее количество металлических полуфабрикатов. Сортамент прокатных профилей разделяется на следующие группы:

- **листовой прокат;**
- **сортовой прокат** (круглый, квадратный, шестигранный, полоса и др.);
- **фасонный прокат** (швеллер, двутавр, уголок и др.);
- **трубы;**
- **специальный прокат** (колеса, кольца, зубчатые колеса, периодические профили и др.).

Листовой прокат из стали и цветных металлов используют в различных отраслях промышленности. В связи с этим листовую сталь, например, делят на электротехническую, судостроительную, котельную, автолист, жость и т. д.

По толщине листов листовой стальной прокат разделяют на:

- толстолистовой $s = 4 - 160$ мм;
- тонколистовой $s = 0,2 - 4$ мм ;
- фольга $s < 0,2$ мм.

Цветной листовой прокат имеет толщину листов $s = 0,2 - 25$ мм.

Трубы используются для изготовления трубопроводов. Стальные трубы используются также для изготовления металлоконструкций. В зависимости от технологии изготовления трубы бывают **бесшовные** ($d = 30 - 650$ мм, $s = 2 - 160$ мм) и **сварные** ($d = 5 - 2500$ мм, $s = 0,5 - 16$ мм). По отношению наружного диаметра трубы к толщине стенки d/s различают следующие виды труб:

- особотонкостенные $d/s > 40$;
- тонкостенные $d/s > 12,5-40$;
- толстостенные $d/s > 6-12,5$;
- особотолстостенные $d/s < 6$.

В таблицах 10-12 представлен сортамент и примеры обозначения некоторых видов проката.

Таблица 10 Обозначение стального листового проката

Наименование проката, размеры в мм	Номера ГОСТов	
	на полуфабрикат	на материал
Горячекатаный: $s^1 = 0,4-160$, $b^2 = 700-3600$, $l^3 = 1420-8000$.	19903–94	380–2005, 1050–88, 4543–71, 5632–72, 19282–73
Холоднокатаный: $s^1 = 0,35-5$, $b^2 = 500-3000$, $l^3 = 1000-2300$.	19904–90	1050–88, 5632–72, 19282–73
Примечания: 1 – толщина листа, 2 – ширина листа, 3 – длина листа.		
Примеры обозначения листового проката 1. Горячекатаный лист из стали 10, 4 категория, размер $2 \times 1000 \times 2000$ мм, нормальная точность прокатки (Б) Лист $\frac{Б2,0 \times 1000 \times 2000 \text{ГОСТ}19903 - 94}{4 - 10 \text{ГОСТ}1050 - 88}$ 2. Холоднокатаный лист из стали 20, 4 категория, размер $1 \times 1000 \times 2000$ мм, нормальная точность прокатки (Б) Лист х/к $\frac{Б1,0 \times 1000 \times 2000 \text{ГОСТ}19904 - 90}{4 - 20 \text{ГОСТ}1050 - 88}$		

Таблица 11 Обозначение сортового стального проката

Наименование проката, размеры в мм	Номера ГОСТов	
	на полуфабрикат	на материал
Кованый круглый, $d = 40-200$	1133–71	1435–99
Кованый квадратный, диаметр вписанного круга $d = 40-200$		
Горячекатаный круглый, $d = 5-270$	2590–88	4543–71, 1050–88, 14959–79
Горячекатаный квадратный, диаметр вписанного круга $d = 6-200$	2591–88	1050–88, 4543–71

Наименование проката, размеры в мм	Номера ГОСТов	
	на полуфабрикат	на материал
Калиброванный круглый, d = 3-100	7417–75	1050–88, 14959–99
Калиброванный шестигранный, диаметр вписанного круга d = 3-100	8560–78	1050–88, 4543–71
Круглый прокат со специальной отделкой поверхности (серебрянка) d = 0,2-30	14955–77	1050–88, 1414–75, 1435–99, 14959–79, 4543–71, 5950–2000, 19265–73
Примеры обозначения сортового проката 1. Круг из кованной стали У10, диаметром 50 мм $\text{Круг} \frac{50 \text{ГОСТ} 1133 - 71}{У10 \text{ГОСТ} 1435 - 99}$ 2. Саль круглая горячекатаная из стали 45, диаметром 20 мм. $\text{Круг} \frac{20 \text{ГОСТ} 2590 - 88}{45 \text{ГОСТ} 1050 - 88}$ 3. Сталь квадратная горячекатаная из стали 35, диаметром 20 мм. $\text{Квадрат} \frac{20 \text{ГОСТ} 2590 - 88}{35 \text{ГОСТ} 1050 - 88}$ 4. Саль калиброванная круглая марки 70Г, диаметром 15 мм $\text{Круг} \frac{15 \text{ГОСТ} 7417 - 75}{70 \text{ГОСТ} 14959 - 79}$ 5. Сталь калиброванная шестигранная марки 40Х, диаметром 12 мм $\text{Шестигранник} \frac{12 \text{ГОСТ} 8560 - 78}{40 \text{ХГОСТ} 4543 - 71}$ 6. Сталь со специальной отделкой поверхности (серебрянка) марки У8 диаметром 5 мм Пруток 5 – У8 ГОСТ 14955–77		

Таблица 12

Обозначение труб

Наименование труб	Размеры	№ стандарта
Стальные бесшовные холодно-	d ¹ = 5-250	8734 –75 полу-

Наименование труб	Размеры	№ стандарта
деформированные	$s^2 = 0,3-24$ $l^3 = 4500-9000$	фабрикат 8733–74 материал
Медные тянутые	$d^1 = 3-100$ $s^2 = 0,5-10$ $l^3 = 1500-6000$	617–2006 полуфабрикат
Латунные тянутые	$d^1 = 3-45$ $s^2 = 0,5-6,0$ $l^3 = 1000-6000$	494–90 полуфабрикат
Примечания: 1 – наружный диаметр; 2 – толщина стенки; 3 – длина.		
Примеры обозначения труб 1. Труба из стали 10, наружный диаметр 20 мм, толщина стенки 2 мм, длина 5 м. <i>Труба</i> $\frac{20 \times 2,0 \times 5000 \text{ГОСТ} 8734 - 75}{10 \text{ГОСТ} 8733 - 74}$ 2. Труба из меди М2, мягкая (М), наружный диаметр 10 м, длина 5 м, Труба М2 М 10×1×5000 ГОСТ 617–2006 3. Труба из латуни Л63 тянутая (Д), круглая (КР), мягкая (М), наружный диаметр 12 мм, толщина стенки 2 мм, длина 1,5 м Труба ДКРМ 12×2 ×1500 Л63 ГОСТ 494–90		

Тема №4. Метизы

Метизы (металлические изделия) – стандартные металлические изделия, выпускаемые метизными заводами и служащие для образования разъёмных соединений. Метизы делятся на две большие группы: резьбовые и нерезьбовые. Резьбовые метизы (болт, винт, шпилька, гайка) служат для образования резьбовых соединений. Нерезьбовые метизы служат для образования шпоночных (призматическая и сегментная шпонки), штифтовых и заклепочных соединений.

4.1. Резьбы

Резьба – чередующиеся винтовые канавки и выступы постоянного сечения (нарезка), образованные на поверхности детали. В современных машинах детали, имеющие резьбу, составляют значительную часть общего количества деталей. Широкое распространение резьбовых соединений деталей обусловлено их высокой прочностью и надежностью, удобством сборки и разборки,

точностью их относительного положения в сборочных единицах и взаимозаменяемостью.

Применяемые в машиностроении резьбы можно классифицировать по нескольким признакам (таблица 13).

Таблица 13. Классификация резьб

Наименование	Описание
<i>1. По системе измерений</i>	
1.1. Метрическая	Линейные размеры резьбы в метрических единицах
1.2. Дюймовая	Линейные размеры резьбы в дюймах*
<i>2. По назначению</i>	
2.1. Крепежная	Для точной фиксации положения деталей в неподвижных соединениях
2.2. Кинематическая	Для преобразования вращательного движения в поступательное
2.3. Силовая	Для создания значительных осевых усилий
2.4. Уплотнительная	Для обеспечения герметичности соединения деталей
<i>3. По форме профиля</i>	
3.1. Треугольная равносторонняя	Равносторонний треугольник с углом $\alpha=60^\circ$
3.2. Треугольная равнобедренная	Равнобедренный треугольник с углом $\alpha=55^\circ$
3.3. Трапецидальная равнобедренная	Равнобедренная трапеция $\alpha_1=\alpha_2=15^\circ$
3.4. Трапецидальная неравнобедренная	Неравнобедренная трапеция $\alpha_1=30^\circ$; $\alpha_2=3^\circ$
3.5. Круглая	Полуокружность
3.6. Прямоугольная	Прямоугольник (резьба нестандартная)
<i>4. По направлению винтовой линии</i>	
4.1. Правая	Завинчивание гайки происходит вращением по часовой стрелке (имеет преимущественное применение)
4.2. Левая	Завинчивание гайки происходит вращением против часовой стрелке (ограниченное применение)
<i>5. По форме поверхности с резьбой</i>	
5.1. Цилиндрическая	Резьба нарезана на цилиндрической поверхности
5.2. Коническая	Резьба нарезана на конической поверхности
<i>6. По числу заходов</i>	
6.1. Однозаходная	Резьба образована одной винтовой линией. Характеристика – шаг резьбы.
6.2. Многозаходная	Резьба образована несколькими винтовыми линиями. Характеристика – шаг резьбы и ход резьбы.
Примечание: 1''=25,4 мм (1 дюйм равен 25,4 мм).	

Профили выступов и канавок в плоскости осевого сечения резьб, основные размеры, допуски и посадки для большинства резьб регламентированы соответствующими ГОСТами (таблица 14).

Таблица 14.

ГОСТы на резьбы

Резьба (условное обозначение)	Профиль	Диаметры и шаги	Основные размеры	Допуски
Метрическая общего назначения (M)	9150–2002	8724–2002	24705–2004	16093–2004 24834–81 4608–81 9000–81
Метрическая для приборостроения (M)		16967–81	24706–81	16093–2004
Метрическая для деталей из пластмасс (M)	11709–81			
Трапецеидальная однозаходная (Tr)	9484–81	24738–81	24737–81	9562–81
Трапецеидальная многозаходная (Tr)	24739–81			
Упорная (S)	10177–82			25096–82
Трубная цилиндрическая (G, R_p)	6357–81			
Метрическая коническая (MK)	25229–82			
Трубная коническая (R, R_c)	6211–81			
Дюймовая коническая (K)	6111–52			

В технической документации резьбы имеют определенное условное обозначение, включающее в себя:

- **условное обозначение вида резьбы** (см. таблицу 14);
- **номинальный размер** (для **M, Tr, S** – это наружный диаметр; для **G, R_p** – это условный диаметр отверстия в трубе, на которой нарезана резьба; для конических резьб номинальный размер привязан к некоторой плоскости, называемой основной, отстоящей на определенном расстоянии от торца винта);
- **шаг** (расстояние по линии, параллельной оси резьбы между средними точками ближайших одноименных боковых сторон профиля резьбы);
- **заходность** (характеризует количество винтовых линий, образующих резьбу).

В таблице 15 представлены классификационные признаки (см. таблицу 13) и примеры условного обозначения некоторых широко применяемых в машиностроении резьб.

Таблица 15. Классификационные признаки и примеры условного обозначения резьб

Наименование	Классификационные признаки (табл.13)	Примеры условного обозначения резьб
Метрическая цилиндрическая ГОСТ 9150–2002 ГОСТ 8724–2002 ГОСТ 24705–2004	1.1; 2.1; 2.2; 3.1; 4.1; 4.2; 5.1; 6.1; 6.2.	M24 – крупный шаг
		M24×2 – мелкий шаг
		M24 LH – левая резьба
		M24×2(P1) – двухзаходная резьба $(n = \frac{s}{p} = \frac{2}{1} = 2)$
Метрическая коническая ГОСТ 25229–82	1.1; 2.4; 3.1; 4.1; 4.2; 5.2; 6.1.	MK20×1,5 – наружная
		MK20×1,5 LH – то же левая
		MK20×1,5 ГОСТ25229 – внутренняя
Дюймовая коническая ГОСТ 6111–52	1.2; 2.4; 3.1; 4.1; 4.2; 5.2; 6.1.	K $\frac{3}{4}$ ГОСТ6111 – номинальный диаметр $\frac{3}{4}$ дюйма
Трубная цилиндрическая ГОСТ 6357–81	1.2; 2.1; 2.4; 3.2; 4.1; 4.2; 5.1; 6.1; 6.2.	G $\frac{3}{4}$ – наружная номинальный диаметр $\frac{3}{4}$ дюйма
		G $\frac{3}{4}$ LH – то же левая
		R $\frac{3}{4}$ – внутренняя номинальный диаметр $\frac{3}{4}$ дюйма
		R $\frac{3}{4}$ LH – то же левая
Трубная коническая ГОСТ 6211–81	1.2; 2.4; 3.2; 4.1; 4.2; 5.2; 6.1.	R $\frac{3}{4}$ – наружная номинальный диаметр $\frac{3}{4}$ дюйма
		R $\frac{3}{4}$ LH – то же левая
		R $\frac{3}{4}$ – внутренняя номинальный диаметр $\frac{3}{4}$ дюйма
		R $\frac{3}{4}$ LH – то же левая
Трапецидальная ГОСТ 9484–81 ГОСТ 24737–81 ГОСТ 24738–81 ГОСТ 24739–81	1.1; 2.2; 3.3; 4.1; 4.2; 5.1; 6.1; 6.2.	Tr 40×6 – однозаходная
		Tr 40×6 LH – то же левая
		Tr 40×4 (P2) – двухзаходная
		$(n = \frac{s}{p} = \frac{4}{2} = 2)$
Упорная ГОСТ 10177–82	1.1; 2.3; 3.4; 4.1; 4.2; 5.1; 6.1; 6.2.	S80×10 – однозаходная
		S80×10 LH – то же левая
		S80×20(P10) – двухзаходная $(n = \frac{s}{p} = \frac{20}{10} = 2)$

Наибольшее распространение в машиностроении имеет метрическая резьба общего назначения. ГОСТ 24705–2004 охватывает крепёжные резьбы

от М0,25 до М600, т.е. метрические резьбы с номинальным диаметром $d=0,25...600$ мм.

В таблицах 16, 17 приведены размеры метрической и трубной цилиндрической резьбы.

Напоминаем, что для метрической резьбы номинальный диаметр указывается в миллиметрах и является наружным диаметром резьбы (см. таблицу 16).

Напоминаем, что номинальный размер трубной резьбы указывается в дюймах ($1'' = 25,4$ мм) и является условным.

Убедимся на числовом примере в том, что номинальный размер трубной цилиндрической резьбы является условным. Рассмотрим трубную резьбу $G=1$. Из таблицы 17 находим размеры этой резьбы: наружный диаметр $d=33,249$ мм, внутренний – $d_1=2,291$ мм. Поскольку $1''=25,4$ мм, видим, что номинальный размер резьбы $G=1$ не имеет физического смысла, т.е. является условным.

Таблица 16. Диаметры и шаги метрической резьбы

Обозначение	Шаг р, мм	Диаметр резьбы, мм		
		наружный $d = D$	средний ¹ $d_2 = D_2$	внутренний ² $d_1 = D_1$
М0,5	0,125	0,5	0,459	0,432
М1	0,25	1	0,919	0,865
М1×0,2	0,2		0,935	0,892
М2	0,4	2	1,870	1,784
М2×0,25	0,25		1,919	1,865
М3	0,5	3	2,838	2,729
М3×0,35	0,35		2,886	2,810
М4	0,7	4	3,773	3,621
М4×0,5	0,5		3,838	3,729
М6	1,0	6	5,350	4,918
М6×0,5	0,5		5,675	5,459
М6×0,75	0,75		5,513	5,188
М8	1,25	8	7,188	6,647
М8×0,5	0,5		7,675	7,459
М8×0,75	0,75		7,513	7,188
М8×1,0	1,0		7,350	6,918
М10	1,5	10	9,026	8,376
М10×0,5	0,5		9,675	9,459
М10×0,75	0,75		9,513	9,188
М10×1,0	1,0		9,350	8,918
М10×1,25	1,25		9,188	8,647
М12	1,75	12	10,863	10,106
М12×0,5	0,5		11,675	11,459
М12×0,75	0,75		11,513	11,188

Обозначение	Шаг р, мм	Диаметр резьбы, мм		
		наружный d = D	средний ¹ d ₂ = D ₂	внутренний ² d ₁ = D ₁
M12×1,0	1,0		11,350	10,918
M12×1,25	1,25		11,188	10,647
M12×1,5	1,5		11,026	10,376
M14	2	14	13,350	12,917
M14×0,5	0,5		13,175	13,729
M14×0,75	0,75		13,756	13,594
M14×1	1,0		13,675	13,459
M14×1,25 ³	1,25		13,594	13,323
M14×1,5	1,5		13,513	13,188
M16	2,0	16	14,701	13,835
M16×0,5	0,5		15,675	15,459
M16×0,75	0,75		15,513	15,188
M16×1,0	1,0		15,350	14,918
M16×1,5	1,5		15,026	14,376
M20	2,5	20	18,376	17,294
M20×0,5	0,5		19,675	19,459
M20×0,75	0,75		19,513	19,188
M20×1,0	1,0		19,350	18,918
M20×1,5	1,5		19,026	18,376
M24	2,5	24	22,051	20,752
M24×0,75	0,75		23,513	23,188
M24×1,0	1,0		23,350	22,918
M24×1,5	1,5		23,026	22,376
M24×2,0	2,0		22,701	21,835
M30	2,5	30	27,727	26,211
M30×0,75	0,75		29,513	29,188
M30×1,0	1,0		29,350	28,918
M30×1,5	1,5		29,026	28,376
M30×2,0	2,0		28,701	27,835
M36	4,0	36	34,701	33,835
M36×1,0	1,0		35,675	35,459
M36×1,5	1,5		35,513	35,188
M36×2,0	2,0		35,350	34,917
M42	4,5	42	40,538	39,564
M42×1,0	1,0		41,675	41,459
M42×1,5	1,5		41,513	41,188
M42×2,0	2,0		41,350	40,917
M42×3,0	3,0		41,026	40,376
Примечания: 1 – d ₂ =d–0,3248·p; 2 – d ₁ =d–0,5413·p; 3 – резьба M14×1,25 применяется только для свечей зажигания.				

Таблица 17. Диаметры и шаги трубной цилиндрической резьбы

Обозначение ¹	Число ниток на 1 дюйм	Шаг Р, мм	Диаметр резьбы, мм		
			наружный d = D	средний ² d ₂ = D ₂	внутренний ³ d ₁ = D ₁
1/16	28	0,907	7,723	7,142	6,561
1/8			9,728	9,147	8,566
1/4	19	1,337	13,157	12,301	11,445
3/8			16,662	15,806	14,950
1/2	14	1,814	20,955	19,793	18,631
5/8			22,911	21,749	20,587
3/4			26,441	25,279	24,117
7/8			30,201	29,039	27,877
1	11	2,309	33,249	31,770	30,291
1 1/8			37,897	36,418	34,939
1 1/4			41,910	40,431	38,952
1 3/8			44,323	42,844	41,365
1 1/2			47,803	46,324	44,845
1 3/4			53,746	52,267	50,788
2			59,614	58,135	56,656
2 1/4			65,710	64,231	62,752
2 1/2			75,184	73,705	72,226
2 3/4			81,534	80,055	78,576
3			87,884	86,405	84,926
Примечания: 1 – наружная цилиндрическая резьба с номинальным размером 1/8 дюйма – G 1/8; внутренняя резьба – Rp 1/8; 2 – d ₂ =d–1,2806·p; 3 – d ₁ =d–0,6403·p.					

Резьбу на деталях получают нарезанием и накатыванием. **Нарезание** связано с получением профиля резьбы резанием (вручную или на металлорежущем станке). При **накатывании** профиль резьбы получают пластическим деформированием заготовки специальным инструментом (накатная головка) на резьбонакатном станке. Накатывание применяется в условиях специализированного производства метизов.

Нарезание является единственный метод получения резьбы при проведении ремонтов. Нарезание метрической и трубной цилиндрической резьбы осуществляется вручную или на станках (сверлильных, токарно-винторезных, резьбонарезных). Метрическую и трубную коническую резьбы, а также трапецеидальную и упорную – нарезают только на токарно-винторезных и резьбонарезных станках.

Внутреннюю резьбу нарезают **метчиками**, наружную – **плашками** (круглыми и раздвижными). Комплект ручных метчиков состоит из двух штук: черновой I и чистовой II.

По типу нарезаемой резьбы метчики бывают

- для метрической резьбы M1 – M52;
- для трубной резьбы Rp 1/8 – Rp2.

Перед нарезанием внутренней резьбы в заготовке предварительно сверлится отверстие, диаметр $d_{\text{отв}}$ которого определяется по справочнику или примерно по формуле

$$d_{\text{отв}} = D - p, \text{ мм} \quad (2)$$

здесь D , p – номинальный диаметр и шаг нарезаемой резьбы, соответственно.

Для метрической резьбы выпускают круглые плашки: М1...М76. Для трубной резьбы – G1/8...G1 1/2. При нарезании резьбы круглые плашки закрепляют в специальном держателе – **воротке**. Раздвижные плашки состоят из двух половинок, они закрепляются в клуппе. **Клупп** – косая рамка для закрепления раздвижных плашек.

Раздвижные плашки бывают: М6...М52; G1/8... G1 3/4. Резьба до G1 нарезается в два прохода, при большем диаметре – в три прохода.

Трапецеидальная и упорная резьба нарезается на токарно-винторезных станках резьбовыми резцами или на фрезерных станках.

При нарезании резьбы режущие кромки инструмента сильно разогреваются, что приводит к снижению точности резьбы и повышенному износу режущего инструмента. Для повышения качества резьбы и увеличения срока службы инструмента при нарезании резьбы в обязательном порядке применяют **смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ)**: осернённое масло, масло с керосином, смешанные масла и др.

4.2. Конструкции и материалы крепёжных изделий

Резьбовые соединения (рис. 1) выполняются с помощью болтов, винтов, шпилек и гаек.

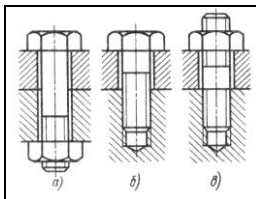


Рис. 1. Основные типы резьбовых соединений: а – соединение болтом; б – соединение винтом; в – соединение шпилькой.

Болт и **винт** – стержень с головкой, имеющий резьбу. Болты (рис.1, а) применяют в комплекте с гайкой для образования силового соединения. Их применяют: а) для скрепления деталей не очень большой толщины, пластин, фланцев, брусев при наличии места для расположения головки болта и гайки; б) для скрепления деталей из материалов, не обеспечивающих достаточную прочность и долговечность резьбы; в) при необходимости частого свинчивания и отвинчивания. На рисунке 2 представлены конструктивные исполнения некоторых видов с шестигранной головкой.

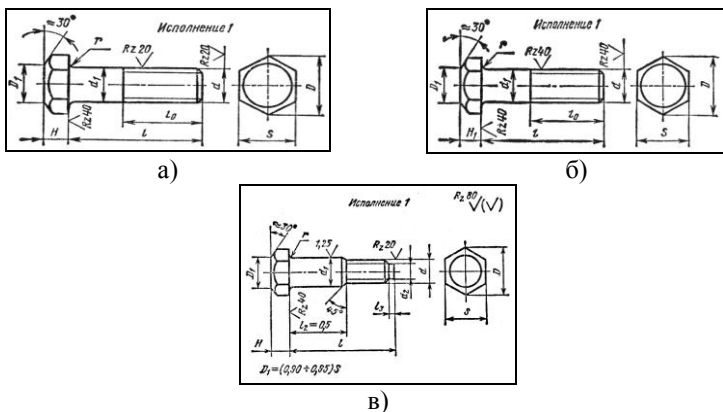


Рис. 2. Конструктивные исполнения болтов с шестигранной головкой: а – нормальной точности по ГОСТ 7798–70; б – повышенной точности по ГОСТ 7805–70; в – с уменьшенной головкой повышенной точности для отверстия из под развёртки по ГОСТ 7817–80

Винты (рис. 1, б), ввинчиваемые в одну из скрепляемых деталей, применяют в случаях достаточной прочности материала детали и достаточной её толщины, отсутствия места для расположения гайки, в несиловых соединениях и др. На рисунке 3 представлены конструктивные исполнения некоторых видов винтов.

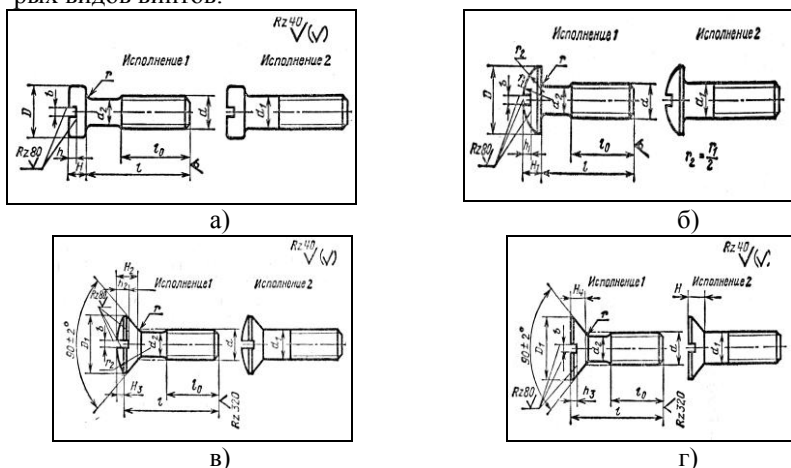


Рис. 3. Конструктивные исполнения винтов с разной формой головки: а – с цилиндрической головкой по ГОСТ 1491–80; б – с полукруглой головкой по ГОСТ 17473–80; в – с полупотайной головкой по ГОСТ 17473–80; г – с потайной головкой по ГОСТ 17475–80.

Шпильки (рис. 1, в) применяют в тех же случаях, что и винты, но когда материал соединяемых деталей не обеспечивает достаточной долговечности резьбы при требуемых частых сборках и разборках. Примером использования шпилек может служить соединение блока и головки цилиндров двигателя внутреннего сгорания. На рисунке 4 представлены конструктивные исполнения шпилек. Шпильки, ввинчиваемые в резьбовое отверстие в одной из соединяемых деталей, различаются длиной ввинчиваемого конца l_1 ($l_1=(1...2,5) \cdot d$), регламентируемой соответствующим ГОСТом на шпильки (см. Приложение).

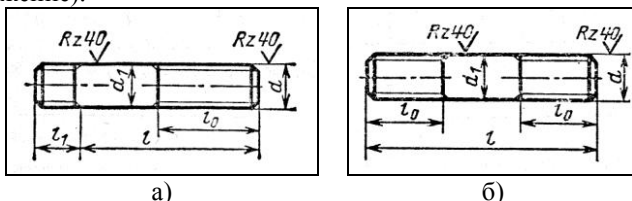


Рис. 4. Конструктивные исполнения шпилек: а – с ввинчиваемым концом; б – для деталей с гладкими отверстиями.

Гайка представляет собой замыкающий элемент резьбового соединения. Основным типом гаек, так же, как и головок винтов, являются шестигранные (рис. 5, а). Гайки, подлежащие стопорению с помощью шплинтов, выполняют корончатыми или прорезными, обычно с увеличением общей высоты (рис. 5, б). В случае опасности вытекания жидкости применяют герметизирующие гайки (рис. 5, в). В условиях относительно малых (для данного номинального диаметра) нагрузок преимущественно для валов применяют установочные гайки со шлицами (рис. 5, г) или отверстиями.

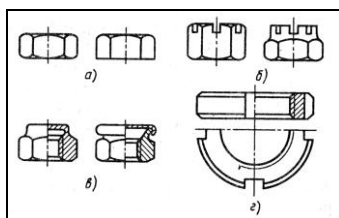


Рис. 5. Основные типы гаек: а – шестигранные по ГОСТ 5915–70; б – шестигранные прорезные и корончатые по ГОСТ 5918–73; в – шестигранные герметизирующие; г – круглая установочная со шлицами.

Шайбы в резьбовом соединении используются: 1) для предохранения от задира завинчиваемой гайкой поверхности детали; 2) для увеличения опорной поверхности (при соединении деталей из цветных сплавов, древесины и

пластмасс); 3) для стопорения гайки (специальные шайбы). На рис. 6 показаны конструкции некоторых шайб.

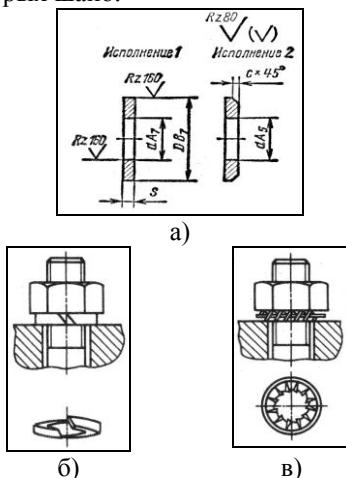


Рис. 6. Конструкции шайб: а – плоская ГОСТ 6958–78 и др.; б – пружинная (гровера) ГОСТ 6402–70; в – пружинная с несколькими отогнутыми усиками.

Шпонка (рис. 7) – крепёжная деталь, устанавливаемая в пазах двух соприкасающихся деталей и препятствующая относительно повороту или сдвигу этих деталей. Шпонки преимущественно применяют для передачи вращающего момента от вала к ступице. Призматические шпонки (рис. 7, а) выполняют со скруглёнными торцами или с прямоугольным одним или двумя торцами. Направляющие призматические шпонки (рис. 7, б) передают вращающий момент, а также допускают осевое смещение детали в пределах длины шпонки. Сегментные (рис. и7, в) применяют в связи с технологичностью соединения, не требующего ручной подгонки. Достоинством соединения является также устойчивое положение шпонки в пазу, что уменьшает её перекос и концентрацию давления.

Шлицевые соединения вал – ступица (рис. 8) представляют собой соединения, образуемые выступами – зубьями на валу, входящими во впадины – шлицы соответствующей формы в ступице. Эти соединения можно рассматривать как многошпоночные, у которых шпонки выполнены за одно целое с валом.

Штифты (рис. 9) – крепёжные изделия, предназначенные для точного фиксирования деталей, а также для передачи относительного небольших нагрузок и для предохранения от перегрузки (срезаемые штифты).

Заклёпка (рис. 10) – стержень круглого сечения или пустотелый цилиндр с головками на концах, одну из которых называют закладной, а вторую, называемую замыкающей, формируют при клёпке. Область практического

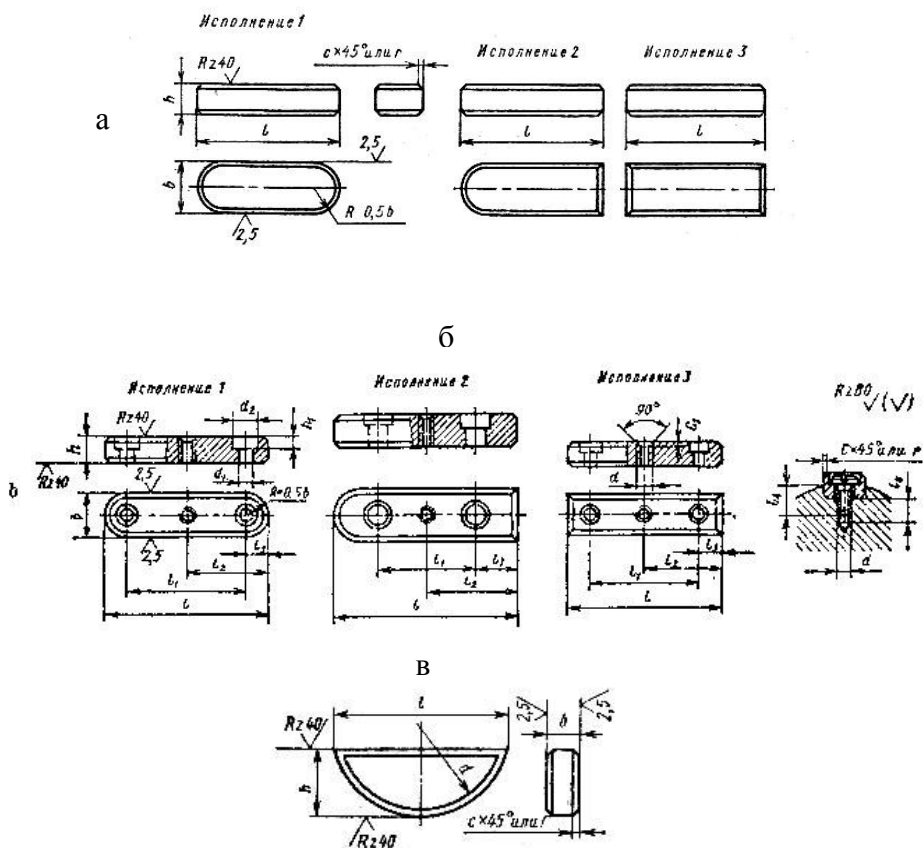


Рис. 7. Шпонки: а – призматические ГОСТ 23360–78;
 б – призматические направляющие ГОСТ 8790–79;
 в – сегментные ГОСТ 24071–97

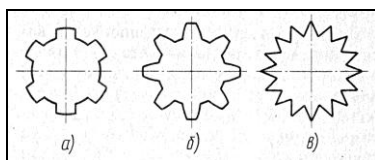


Рис. 8. Виды шлицевых соединений: а – прямобочными шлицами ГОСТ 1139–80; б – эвольвентными шлицами; в – треугольными шлицами

применения заклёпочных соединений ограничивается следующими случаями: 1) соединения, в которых нагрев при сварке из-за опасности отпуска термообработанных деталей или коробления окончательно обработанных точных деталей; 2) соединения деталей из разнородных материалов (металл + неметалл); 3) соединения, работающие при знакопеременных нагрузках (например, в современном пассажирском самолёте применяют до 2,5 миллионов заклёпок); 4) клёпанные рамы грузовых автомобилей.

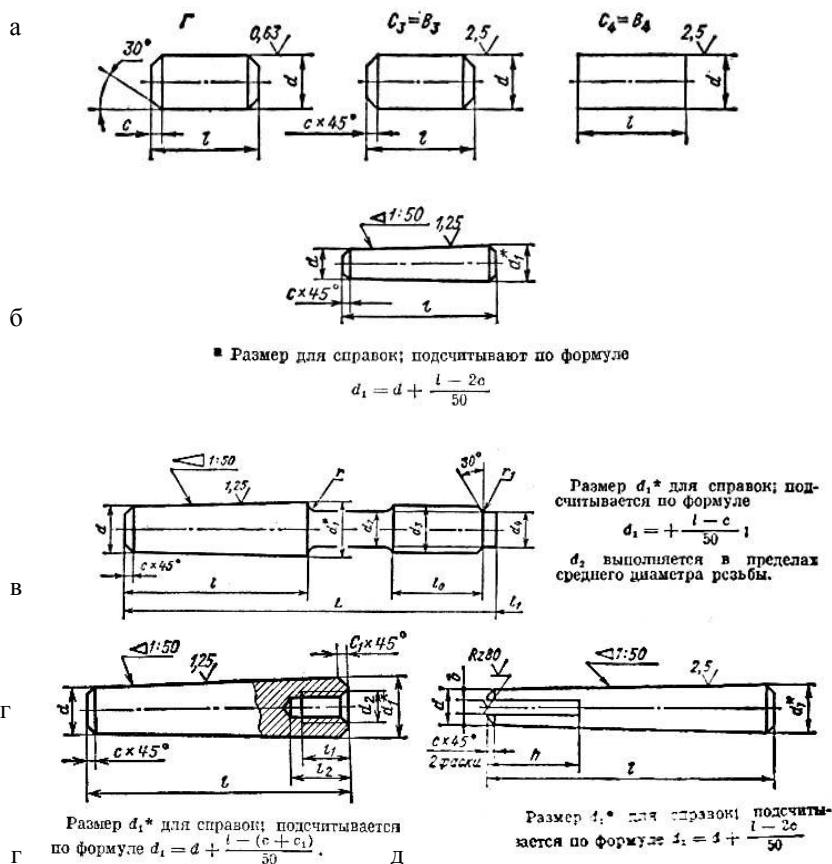


Рис. 9. Штифты: а – цилиндрические ГОСТ 3128–70; б – конический ГОСТ 3129–70; в – конический с резьбовой цапфой ГОСТ 9465–79; г – конический с внутренней резьбой ГОСТ 9464–79; д – разводной ГОСТ 19119–80

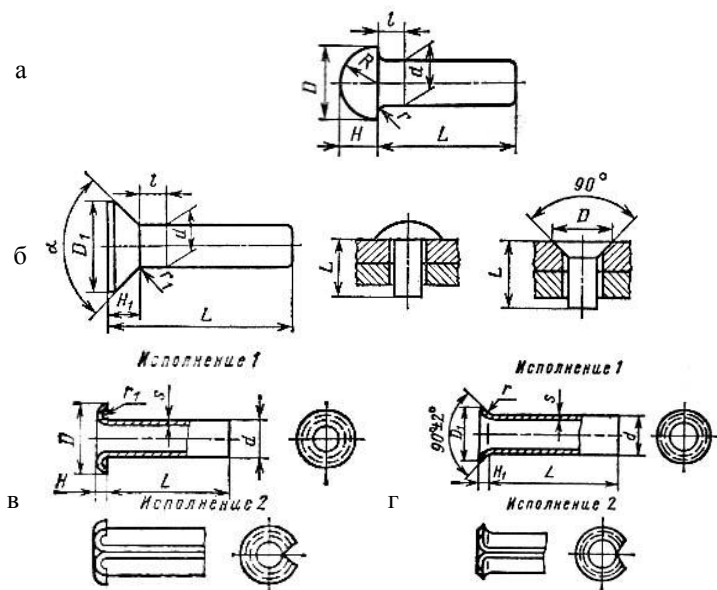


Рис. 10. Заклёпки: а – с полукруглой головкой ГОСТ 14797–85; б – с потайной головкой ГОСТ 14798–85; в – пустотелая со скруглённой головкой ГОСТ 12638–80; г – пустотелая со потайной головкой ГОСТ 12640–80

Крепёжные изделия изготавливаются из сталей и цветных сплавов. Технические требования на материал крепёжных изделий регламентирует ГОСТ 1759.0–87. В основном используются стали: углеродистые – СтЗкп, СтЗсп, 10, 20, 30, 35, 45, низколегированные 40Х, 30ХГСА и др., а также цветные сплавы АМг5, Л63, БрАМц9-2 и др.

По механическим свойствам стали для болтов, винтов и шпилек разбиты на 12 классов прочности: 3.6; 4.6...14.9. Класс прочности 5.8, например, предполагает следующие механические свойства метизов: $\sigma_B = 60 \text{ кгс/мм}^2$; $\sigma_T = 40 \text{ кгс/мм}^2$; 140-215 НВ; $\delta_5 = 10\%$.

Для защиты от вредного воздействия окружающей среды метизы имеют соответствующие покрытия Zn, Sn, (Zn + Cr), (Cu + Ni) и др.

В таблицах 18...23 представлены значения механических свойств материала метизов и обозначения покрытий для метизов различного вида.

Таблица 18. Механические свойства стальных болтов, винтов и шпилек

Класс прочности ¹	σ_T , кгс/мм ²	δ_5 , %	KCU, кгс·м/см ²	HVmin	Марка стали
3.6	20	25	-	90	СтЗкп, 10
4.6	24	25	5,5	110	20
4.8 ²	32	14	-		10

Класс прочности ¹	σ_T , кгс/мм ²	δ_5 , %	KCU, кгс·м/см ²	HBmin	Марка стали
		справ			
5.6	30	20	5	140	30, 35
5.8²	40	10 справ	-		10³, 20 Ст3
6.6	36	16	4	170	35, 45, 40Г
6.8 ²	48	8 справ	-		20
6.9	54	12 справ	-		
8.8	64	12	6	225	35 ⁴ , 35Х, 38ХА, 45Г
10.9	90	9	4	280	40Г2, 40Х, 30ХГСА
12.9	108	8	4	330	35ХГСА
14.9	126	7	3	390	40ХНМА

Примечание: 1 – класс прочности обозначен двумя числами, произведение которых равно σ_T материала в кгс/мм²; **2** – для метизов денного класса прочности допускается применение автоматных сталей; **3** – для метизов с резьбой до М12 включительно; **4** – для метизов с резьбой до М16 включительно.

Таблица 19. Механические свойства болтов, винтов и шпилек из цветных сплавов

Условное обозначение группы*	σ_B *, кгс/мм ²	σ_T , кгс/мм ²	δ_5 , %	HB	Марка материала*
31	27	12	15	-	АМг5
32	32	-	12	75	ЛС59-1, Л63
33		-		-	БрАМц 9-2
34	50	-		-	
35		-		-	
36	38	20	10	-	Д1Т, Д16Т

Примечание: * – относятся также к гайкам.

Таблица 20. Механические свойства стальных гаек

Класс проч-ности*	Напряжение от испы-тательной нагрузки σ_F , кгс/мм ² не менее	Твердость		Марка стали
		HB	HRC	
		не более		
4	40	302	33	Ст3кп, Ст3сп

5	50			10, 20
6	60			Ст5, 15, 35
8	80			20, 35, 45
10	100			35Х, 38ХА
12	120	353	38	40Х, 30ХГСА
14	140	375	40	35ХГСА, 40ХНМА
Примечание: * – класс прочности обозначен числом, которое при умножении на 10 дает величину σ_F в кгс/мм ²				

Таблица 21. Виды и условные обозначения покрытий болтов, винтов, шпилек, гаек

Обозначение	Вид покрытия	Обозначение	Вид покрытия
00*	Без покрытия	07	Оловянное
01	Цинковое с хромированием	08	Медное
02	Кадмиевое с хромированием	09	Цинковое
03	Никелевое; многослойное медь-никель	10	Окисное анодизационное с хромированием
04	Многослойное медь-никель-хром		
05	Окисное	11	Пассивное
06	Фосфатное с промасливанием	12	Серебряное
Примечание: * - в маркировке метизов не указывается.			

Таблица 22. Материалы и покрытия шайб

Материалы			Покрытия
Вид (условное обозначение вида)	Марка	Условное обозначение марки	Условное обозначение
Углеродистые стали (0)	08, 10	01	00; 01; 02; 04; 05; 06; 09.
	Ст3	02	
	15	03	
	20	04	
	35	05	
	45	06	
Легированные стали (1)	40Х, 30ХГСА	11	

Материалы			Покрытия
Латуни (3)	12X18H9T	21	00; 08; 11.
	12X18H10T		
	20X13	22	
Бронза (3)	Л63, ЛС59-1	32	00; 03; 11; 12.
Медь (3)	Л 63 антимагнитная	33	
	АМг5	31	
	Д1, Д16	35	00; 10.
	АД1	37	

Таблица 23. Материалы и покрытия разводных шплинтов

Материал		Покрытия		Обозначение материала и покрытия
Вид (номер)	Рекомендуемые марки	Группа ¹	Подгруппа ²	
Низкоуглеродистые (00)	Ст3 10, 15, 20	-	0	-
		Н	1	001
		А	2	002
		Н	3	003
		А	4	004
		П	5	005
		П	6	006
Коррозионно-стойкие (21)	12X18H10T	-	0	210
		М, П	6	216
Цветные сплавы (62)	Л63	-	0	620
		Н	3	623
		А	4	624
Легкие сплавы (71)	АМц	-	0	710
		Н, А	1	711

Примечания

1 группы покрытий: **А** – атмосферостойкие; **Н** – стойкие для работы в неотапливаемых помещениях; **П** – стойкие для работ в отапливаемых помещениях; **М** – стойкие при воздействии минеральных масел и консистентных смазок.

2 подгруппы покрытий: **0** – без покрытия (000 не обозначается, 210, 620, 710); **1** – цинковое хромированное Ц. хр. (001) или окисное, наполненное раствором хромпика Ан. Окс. хр. (711); **2** – кадмиевое хромированное Кд. хр. (002); **3** – никелевое многослойное МН (003) или никелевое однослойное Н (623); **4** – хромовое многослойное МНХ или МХ (004), однослойное Х (624); **5** – окисное Хим. Окс. (005); **6** – фосфатное Хим. Фосс. (006), травление с последующим пассивированием (216).

4.3. Обозначение метизов

Обозначение метиза содержит информацию о размерах метиза (диаметр, длина и др.) о материале метиза, виде покрытия и № ГОСТа на соответствующее крепёжное изделие. В таблицах 24, 25 приведены примеры обозначения резьбовых и нерезьбовых метизов.

Таблица 24. Описание и обозначение резьбовых метизов

Описание	Обозначение*
Болт с резьбой М12, крупный шаг, длина 60 мм, поле допуска резьбы 8g, класс прочности 5.8, цинковое покрытие толщиной 6 мкм.	Болт М12×60.58.096 ГОСТ...
Винт с резьбой М12, крупный шаг, длина 50 мм, поле допуска резьбы 8g, класс прочности 5.8, цинковое покрытие толщиной 6 мкм.	Винт М12×50.58.096 ГОСТ...
Шпилька с резьбой М16, шаг крупный, длина $l = 120$ мм, длина свертного конца l_1 , поле допуска резьбы 8g, класс прочности 5.8, цинковое покрытие толщиной 6 мкм.	Шпилька М16×120.58.096 ГОСТ...
Гайка с резьбой М12, крупный шаг, поле допуска резьбы 7Н, класс прочности 5, цинковое покрытие с хромированием толщиной 6 мкм.	Гайка М12.5.016 ГОСТ...
Шайба увеличенная без фаски (исполнение 1), диаметр стержня 3 мм, сталь 10, покрытие цинковое с хромированием	Шайба 3.01.01 ГОСТ 6958–78
То же с фаской (исполнение 2)	Шайба 2.3.01.01 ГОСТ 6958–78
Шайба пружинная, диаметр стержня 12 мм, нормальная (Н), сталь 65Г, кадмиевое покрытие	Шайба 12 65Г 02 ГОСТ 6402–70
То же тяжелая (Т)	Шайба 12 Т 65Г 02 ГОСТ 6402–70
Примечание: № ГОСТа выбирается из Приложения, опираясь на описание конструкции метиза, приведённое в индивидуальном задании или задании контрольной работы.	

Таблица 25. Описание и обозначение нерезьбовых метизов

Описание	Обозначение, ГОСТы
Шпонка призматическая с закругленными торцами (исполнение 1), ширина $b = 18$ мм, высота $h = 11$ мм, длина $l = 100$ мм.	Шпонка 18×11×100 ГОСТ 23360–78
То же с закругленным торцом (исполнение 2)	Шпонка 2 – 18×11×100 23360–78
Шпонка призматическая направляющая с креплением на валу с закругленными торцами (исполнение 1), ширина $b = 18$ мм, высота $h = 11$ мм, длина $l = 100$ мм.	Шпонка 18×11×100 ГОСТ 8790–79
Шпонка сегментная, ширина $b = 6$ мм, высота $h = 10$ мм	Шпонка сегм. 6×10 ГОСТ 24071–97
Шплинт с условным диаметром $d = 5$ мм, длина $l = 28$ мм, материал подгруппы 00, покрытие подгруппы 1	Шплинт 5×28 – 001 ГОСТ 397–79
Штифт цилиндрический (глухая посадка Н7/п6), диаметр $d = 10$ мм, длина $l = 60$ мм	Штифт 10 п6×60 ГОСТ 3128–70
Штифт конический, диаметр $d = 10$ мм, длина $l = 60$ мм	Штифт 10×60 ГОСТ 3129–70
Штифт конический с резьбовой цапфой, диаметр штифтовой части $d = 10$ мм, длина штифтовой части $l = 60$ мм, общая длина $L = 80$ мм	Штифт 10×40×80 ГОСТ 9465–79
Штифт конический с внутренней резьбой, диаметр штифта $d = 10$ мм, длина штифта $l = 60$ мм	Штифт 10×60 ГОСТ 9464–79
Штифт конический разводной, диаметр $d = 10$ мм, длина $l = 100$ мм	Штифт 10×100 ГОСТ 19119–80
Закленка нормальной точности с полукруглой головкой, диаметр $d = 8$ мм, длина $l = 20$ мм материал группы 00 без покрытия.	Закленка 8×20.00 ГОСТ 10299–80
То же из материала группы 38, медь МЗ, покрытие 03 толщиной 6 мкм.	Закленка 8×20.38.МЗ.036 ГОСТ 10299–80

Тема №5. Термическое и химико-термическое упрочнение деталей

5.1. Принципы выбора сталей для изготовления деталей

Выбор марки стали для изготовления детали определяется комплексом факторов, основным из которых является функциональная нагрузка, воспринимаемая конкретной деталью при эксплуатации технического устройства. Суммарная функциональная нагрузка ΦN_{Σ} , воспринимаемая деталью, состоит из четырех компонентов нагружения – составляющих суммарной функциональной нагрузки:

$$\Phi N_{\Sigma} = \Phi N_M + \Phi N_T + \Phi N_X + \Phi N_K = \Sigma \Phi N_i \quad (3)$$

Механический компонент ΦN_M функциональной нагрузки имеет место, когда на материал детали в процессе эксплуатации производится механическое воздействие, т.е. воздействие, связанное с возникновением в детали деформаций под действием приложенных к детали или передаваемых деталью сил. Данный компонент функциональной нагрузки для большинства элементов технических устройств (обечайки, трубные решетки, валы, элементы передач, упругие элементы, опоры и др.) является основным, поскольку отказ, сопровождающийся разрушением детали разной степени локализации, происходит преимущественно в результате механического нагружения. ΦN_M имеет размерность, соответствующую виду нагрузки: Н в случае сосредоточенной силы, Н·м в случае нагружения моментом силы при изгибе или кручении, Н/м, Н/м², Н/м³ в случае нагружения распределенными силами разной природы.

Наличие термического компонента ΦN_T функциональной нагрузки материала детали обусловлено процессами старения материала под нагрузкой и выражается в разупрочнении или охрупчивании материала при рабочих температурах. При этом в материале наблюдается развитие либо ползучести (рабочие температуры выше $0,3 \cdot t_{пл}$), либо хладноломкости (рабочие температуры ниже 0° С). Естественно, что ΦN_T имеет размерность температуры: °С или К.

Химический компонент ΦN_X функциональной нагрузки проявляется в химическом воздействии на материал детали со стороны рабочих и технологических сред, а в ряде случаев и атмосферного воздуха. ΦN_X в общепринятом смысле не имеет размерности, в качестве показателя наличия в ΦN_{Σ} химического компонента можно предложить водородный показатель рН рабочей среды. При этом мы имеем лишь качественную оценку химического компонента функциональной нагрузки: рН=7 – среда нейтральная, рН<7 – среда кислая и рН>7 – среда щелочная.

Контактный или трибологический компонент ΦN_K функциональной нагрузки обусловлен наличием в материале детали контактного или трибологического нагружения. Нагружение в этом случае локализовано в поверхностном слое сопряженных деталей и обусловлено взаимодействием поверхностей деталей при относительном перемещении под нагрузкой. Данный

компонент функциональной нагрузки является основным для подвижных соединений (трибосопряжений) деталей машин. Отказ трибосопряжений является основной причиной отказов неаварийного характера ($\approx 90\%$) для транспортирующих и перемешивающих машин, а также других технических устройств, содержащих трибосопряжения. В общепринятом смысле ΦN_K тоже не имеет размерности. Используя понятия трибологии, для характеристики ΦN_K можно использовать комплекс величин, включающий в себя удельную нагрузку на контакте в Па; скорость скольжения на контакте в м/с, свойства материала контактирующих деталей и рабочей среды в соответствующих единицах измерения.

Как видно, компоненты функциональной нагрузки ΦN_i представляют собой разнородные физические величины, а два компонента ΦN_X и ΦN_K в общепринятом смысле не имеют размерности. Поэтому знак суммы в выражении (3) следует понимать не как суммирование с нарастающим итогом. При наличии нескольких компонентов функциональной нагрузки, они накладываются друг на друга и тем самым усиливается воздействие ΦN_Σ на материал детали.

В инженерной практике для характеристики сопротивления конструкционного материала определенной функциональной нагрузке разработан ряд показателей – эксплуатационных свойств (см. таблицу 26).

Таблица 26. Эксплуатационные свойства материалов

Вид ΦN	Эксплуатационные свойства		Примечание
	Наименование	Показатель	
ΦN_M постоянная	Статическая прочность	Предел прочности σ_B Предел текучести σ_T	Сосуды и аппараты высокого давления, быстровращающиеся диски и др.
ΦN_M переменная	Циклическая прочность	Предел выносливости, σ_{-1}	Шатуны, штоки, валы, зубчатые колеса
$\Phi N_M + \Phi N_T$ $t_{раб} > 0,3t_{пл}$	Жаропрочность	Предел ползучести $\sigma_{\varepsilon/\tau}^t$ Предел длительной прочности σ_τ^t	Силовые детали печей, ДВС

Вид ΦH	Эксплуатационные свойства		Примечание
	Наименование	Показатель	
$\Phi H_M + \Phi H_T$ $t_{раб} < 0^\circ C$	Хладостойкость	Ударная вязкость KCU	Металлоконструкции, стоящие на открытой площадке
ΦH_X	Коррозионная стойкость	Скорость коррозии v_K	Технологическое оборудование, трубопроводы
$\Phi H_X + \Phi H_T$	Жаростойкость	Глубина коррозии h_K	Детали горелок
ΦH_K	Сопротивление изнашиванию	Относительная износостойкость ε Интенсивность изнашивания I_h	Элементы трибосопряжений, режущий инструмент, трубопроводная арматура

Известно порядка 30 видов функциональной нагрузки деталей технических устройств и соответствующих им эксплуатационных свойств материалов. Естественно, для каждого вида ΦH_Σ отсутствуют методики определения соответствующих эксплуатационных свойств, поэтому при сложном нагружении деталей интегральный показатель σ_Σ эксплуатационных свойств предлагается определять через некоторый базовый показатель σ_0 и ряд поправочных коэффициентов

$$\sigma_\Sigma = \sigma_0 \cdot P x_{ij}, \quad (4)$$

здесь x_{ij} – коэффициент снижения базового показателя эксплуатационных свойств для i ведущего и j сопутствующего видов функциональной нагрузки.

При наличии сложной нагрузки базовый показатель σ_0 определяется по стандартной методике, если таковая существует, или определяется по специальной методике, предложенной для данного вида функциональной нагрузки. После апробации специальная методика может быть стандартизована, например, методика определения энергоемкости при пластической деформации металлов по ГОСТ 23.218–84.

Для примера рассмотрим определение σ_Σ для материала, используемого при изготовлении силовых деталей печи. В этом случае функциональная нагрузка ΦH_Σ состоит из двух первых членов, т.е.

$$\Phi H_\Sigma = \Phi H_M + \Phi H_T \quad (*)$$

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_0 \cdot \chi_{MT} \quad (**)$$

В данном случае ведущим компонентом функциональной нагрузки является механический компонент, поэтому при $\chi_{MT}=1$, т.е. при отсутствии осложняющего действия рабочих температур, базовый показатель будет, очевидно, представлять собой предел прочности материала по ГОСТ 1497–84

$$\sigma_0 = \sigma_B \cdot \quad (***)$$

При организации ремонтных работ приходится решать задачу выбора стали для изготовления детали по наперёд заданным значениям механических свойств. Эту задачу можно решить с помощью известного в материаловедении правила Н.С.Курнакова см. источники [1,2].

Задача «Свойство $\rightarrow$ Марка стали» является обратной задачей материаловедения. При её решении следует определиться среди какой группы стали находится искомая сталь. Если сталь является доэвтектоидной, тогда для определения искомого содержания углерода в стали можно использовать линейные уравнения регрессии

$$x=5,78 \cdot 10^{-4} \cdot HB_x - 0,471 \quad (5)$$

$$x=1,44 \cdot 10^{-3} \cdot \sigma_{Bx} - 0,38 \quad (6)$$

$$x=1,11 - 0,015 \cdot \psi_x \quad (7)$$

$$x=1,13 - 0,022 \cdot \delta_x, \quad (8)$$

здесь x – искомое содержание углерода в стали, %; HB_x – заданное значение твёрдости по Бринеллю, МПа; σ_{Bx} – заданное значение предела прочности, МПа; ψ_x – заданное значение относительного сужения, %; δ_x – заданное значение относительного удлинения, %.

Опираясь на расчётное значение содержания углерода в стали, марки стали выбираем по ГОСТ 1050–88 (таблица 6).

5.2. Виды термической обработки сплавов

Термическая обработка заключается в термокинетическом воздействии на металл (**нагрев - выдержка - охлаждение**) с целью получения требуемых свойств за счет изменения внутреннего строения металла.

Термическая обработка характеризуется технологическими (режимными) параметрами: температура нагрева, время выдержки, скорость охлаждения. Подбором режима термообработки можно получить структуру металла, обладающую оптимальным для детали данной группы сочетанием эксплуатационных (в данном случае механических) свойств стали (таблица 27).

Таблица 27. Оптимальное сочетание свойств стали для групп деталей

Группа	Структура ¹	Свойства ²
Силовые детали	Сорбит	Прочность + вязкость
Упругие детали	Троостит отпуска	Упругость + усталост-

		ная прочность
Режущий инструмент	Мартенсит отпуска	Твердость + красностойкость
Мерительный инструмент	Мартенсит отпуска	Твердость + стабильность размеров
Примечание: 1 – структуры термообработанной стали изучаются в материаловедении.		

В таблице 28 представлены некоторые виды термообработки изделий и заготовок, применяемой в машиностроении.

Таблица 28. Виды термической обработки

Наименование (группа)	Технологические параметры		Назначение
	Температура, °С	Охлаждение	
Одинарная обработка			
Диффузионный отжиг (гомогенизация)	1000-1100	С печью	Устранение дендритной неоднородности (ликвации)
Отжиг I рода	Ниже А ₁		Снятие наклепа
Отжиг II рода	Ниже А ₃		Перекристаллизация, снятие внутренних напряжений
Нормализация	Выше А ₃ или А _{ст}	На воздухе	Измельчение структуры
Закалка	А ₃ + 30-50 А ₁ + 30-50	Скорость выше критической	Получение структуры мартенсита
Двойная обработка			
Закалка + низкий отпуск (режущий и мерительный инструмент)	150-200	На воздухе	Снятие закалочных напряжений, стабилизация размеров изделия
Закалка + средний отпуск (упругие детали)	300-400		Повышение вязкости при сохранении упругости
Закалка + высокий отпуск (силовые детали)	450-650	На воздухе или в воде	Оптимальное сочетание прочности и вязкости

Упрочняющая термическая обработка стальных изделий состоит из двух операций: закалка и отпуск.

Закалка – термообработка, направленная на максимальное повышение твердости стали. Закалка состоит в нагреве стали до температуры перехода в аустенитное состояние, выдержке и охлаждении со скоростью, достаточной для получения структуры **мартенсита**. Требуемая скорость охлаждения при закалке обеспечивается выбором соответствующего охладителя.

Повышение твердости стали при закалке сопровождается снижением пластичности металла $\delta \rightarrow 0$, что приводит к резкому снижению надежности металла. Кроме того, при закалке в изделиях возникают так называемые закалочные напряжения. Для уменьшения закалочных напряжений и повышения пластичности металла закаленную сталь отпускают.

Отпуск – заключительная операция упрочняющей термообработки, в результате которой металл приобретает свойства, требуемые по условиям эксплуатации изделия. В зависимости от вида отпуска (низкий, средний, высокий) нагрев изделия производится до температур 150 – 650⁰С, выдержка при отпуске составляет 1 – 8 часов, охлаждении – на воздухе или в воде (см. таблицу 28).

5.3. Выбор режима термической обработки сплавов

Разработка режима термообработки состоит в назначении температуры нагрева, времени выдержки и скорости охлаждения изделия при закалке и отпуске. Исходными данными при назначении режима термической обработки являются: марка стали (температура нагрева при закалке, охладитель при закалке), габариты изделия (выдержка в печи при температуре закалки), группа деталей (вид отпуска, определяющий температурно-временные параметры).

Температура закалки выбирается таким образом, чтобы перевести сталь в аустенитное состояние (полная закалка) или аустенитоцементитное состояние (неполная закалка). Полная закалка применяется для конструкционных сталей, а неполная – для инструментальных.

Конструкционные стали $t = t_{GS} + 30 \dots 50^{\circ}\text{C}$ (9)

Инструментальные стали $t = t_{SK} + 30 \dots 50 \approx 780^{\circ}\text{C}$ (10)

здесь GS, SK – обозначение линий диаграммы состояния «железо-цементит».

Для конструкционных сталей, подвергаемых полной закалке, температура закалки зависит от содержания углерода в стали, и, следовательно, для разных марок стали температура закалки различная. Для инструментальных сталей У8–У13, которые подвергаются неполной закалке, температура закалки не зависит от содержания углерода в стали, поэтому они имеют температуру закалки порядка 780⁰С.

Выдержка изделия в печи при температуре закалки зависит от размеров закаливаемого изделия.

$$\tau_{\text{выд}} = k \cdot d, \text{ мин} \quad (11)$$

где d, мм – линейный размер (диаметр, толщина) изделия;

$k = 1-1,5$ мин/мм – эмпирический коэффициент (1 – для углеродистых сталей, 1,5 – для легированных сталей).

Скорость охлаждения при закалке обеспечивается соответствующим охладителем, выбор которого зависит от марки стали и группы деталей (таблица 29).

Таблица 29. Охладители при закалке

Группа деталей (марки стали)	Охладитель
Силовые детали (30, 35, 40, 45, 50)	вода
Упругие детали (60, 65, У7-У10)	масло
Режущий и мерительный инструмент, ходовые винты (У7-У12)	вода

Обратите внимание, что инструментальные стали У7–У12 могут закаливаться как в воде (инструмент, ходовые винты), так и в масле (пружины). **Температура отпуска** определяется видом отпуска (см. таблицу 28).

Выдержка изделия в печи при температуре отпуска составляет:

- **низкий отпуск** 1...8 часов;
- **средний и высокий отпуск** 1 час.

Охлаждение после отпуска выполняется на воздухе, за исключением некоторых легированных сталей, подверженных отпускной хрупкости (30Х, 40Х и др.), которые после высокого отпуска охлаждаются в воде.

5.4. Оборудование для термической обработки

В таблице 30 приведено основное и вспомогательное оборудование, необходимое для термообработки, в таблице 31 представлена классификация нагревательных печей. Выбор нагревательной печи определяется решаемыми задачами (габариты изделий, рабочие температуры и др.) и объемами производства.

Таблица 30 Оборудование для термообработки

Наименование	Назначение
Нагревательная печь	Нагрев и выдержка изделия по заданному режиму при закалке и отпуске
Закалочная ванна	Охлаждение при закалке сталей, охлаждение при высоком отпуске некоторых легированных сталей
Твердомер Роквелла	Контроль качества термической обработки изделия

Таблица 31 Классификация нагревательных печей

Классификационный признак	Наименование	Обозначение
Вид нагрева	Электрическая сопротивления	C
	Газовая	G
	Пламенная	T

Классификационный признак	Наименование	Обозначение
Основной конструктивный признак	Индукционная	<i>И</i>
	Камерная	<i>Н</i>
	Конвейерная	<i>К</i>
	Шахтная	<i>Ш</i>
	Ванна	<i>В</i>
	С вытяжным подом	<i>Д</i>
Характер среды в печном пространстве	Окислительная	<i>О</i>
	Цементационная	<i>Ц</i>
	Защитная	<i>З</i>
	Азот	<i>А</i>
	Вакуум	<i>В</i>
	Соль	<i>С</i>
Агрегатность	Лабораторная	<i>Л</i>
	Вертикальная	<i>В</i>
	Периодического действия	<i>П</i>
	Непрерывного действия	<i>Н</i>
	Агрегат	<i>А</i>

Маркировка нагревательной печи включает в себя:

- классификационные признаки печи (см. таблицу 31);
- размеры рабочего пространства печи в дециметрах (1 дм = 100 мм)
- максимально допустимую рабочую температуру в сотнях градусов Цельсия

$$\frac{t_{\text{раб}}^{\circ\text{C}}}{100}$$

В таблице 32 приведены примеры маркировки нагревательных печей.

Таблица 32. Примеры маркировки нагревательных печей

Описание	Маркировка
Электрическая печь сопротивления, камерная, окислительная среда (воздух), периодического действия, рабочее пространство 800×1600×500 мм, рабочая температура 1300°C	<i>СНОП</i> $\frac{8 \times 16 \times 5}{13}$
Электрическая печь сопротивления, шахтная, окислительная среда (воздух), лабораторная, рабочее пространство 150×2000×500 мм, рабочая температура 1100°C	<i>СШОЛ</i> $\frac{1,5 \times 20}{11}$

При охлаждении закаливаемого изделия водой следует иметь ввиду, что охлаждающая способность воды сильно зависит от ее температуры. Поэтому при закалке в воде необходимо по возможности обеспечить постоянство температуры охладителя, что достигается закалкой в проточной воде или использованием закалочной ванны достаточного объема.

Необходимый объем закалочной ванны определяется из уравнения теплового баланса охлаждения изделия при закалке

$$Q_{изд} = Q_{охл} \quad (12)$$

$$Q_{изд} = c_{Fe} \times m_{Fe} \times \Delta t_{Fe} \quad (13)$$

здесь $c_{Fe}=0,111$ ккал/кг·град – теплоемкость железа; m_{Fe} – масса закаливаемого изделия (определяется расчетом, исходя из заданных размеров закаливаемого изделия); $\Delta t_{Fe}=(t_{зак}-20)$ °C – температурный градиент охлаждения изделия при закалке.

$$Q_{охл} = c_{охл} \times m_{охл} \times \Delta t_{охл} \quad (14)$$

здесь $c_{охл}=1$ ккал/кг·град – теплоемкость охладителя (вода); $\Delta t_{охл}=(t_{охл}-20)$ – температурный градиент нагрева охладителя при закалке изделия (данной величиной при расчете необходимо задаться из условия обеспечения постоянства охлаждающей способности охладителя, приняв, например, $\Delta t_{охл}=5^\circ\text{C}$);

Из уравнения теплового баланса (12) необходимо определить массу охладителя $m_{охл}$, а затем, задавшись конструктивной формы закалочной ванны (цилиндр с определённым соотношением высоты к диаметру и др.), расчетом получить её размеры.

5.5. Прокаливаемость сталей и критический диаметр изделия

Под **прокаливаемостью** понимают способность стали получать закаленный слой с мартенситной или троосто-мартенситной (полумартенситной) структурой на ту или иную глубину.

Диаметр наибольшего сечения, в котором получается сквозная закалка называется **критическим диаметром** D_k . Практическое значение D_k заключается в том, что зная его численное значение, можно правильно выбрать сталь для деталей определенных размеров и назначения.

Для нахождения D_k используется номограмма М.Е. Блантера (рис. 11). Критический диаметр определяется по номограмме, исходя из характеристического расстояния $X_{ПМ}$ стали, которое определяется методом торцевой закалки и откладывается на верхней шкале абсцисс номограммы (см. ключ номограммы на рис. 11). При определении D_k учитывается также вид охладителя (вода, масло, воздух) и форма изделия (цилиндр, шар, пластина).

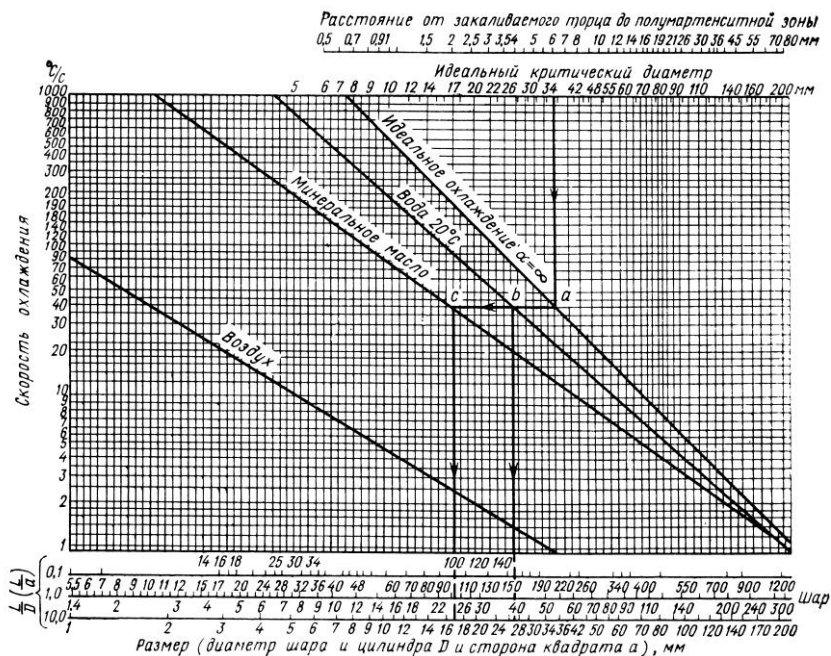


Рис. 11. Номограмма М.Е.Блантера для определения критического диаметра изделий при закалке

5.6. Химико-термическая обработка изделий

Химико-термическая обработка (ХТО) состоит в насыщении поверхности изделия определенными химическими элементами и последующей упрочняющей термообработки (или без нее). Различают цементацию (насыщение углеродом), азотирование (насыщение азотом) и др. виды ХТО.

В автомобилестроении ХТО используется для упрочнения зубчатых колес, поршневых пальцев и др. деталей, подверженных изнашиванию. Наиболее доступным видом ХТО является цементация. В таблице 33 приведено наименование оборудования и материалов для цементации.

Таблица 33. Оборудование и материалы для цементации

Наименование	Назначение
Нагревательная печь	Нагрев и выдержка изделий при цементации, закалке и отпуске
Цементационный ящик с карбюризатором (70% древесного угля, 20-25% BaCO_3 , 3-5% Na_2CO_3)	Формирование диффузионного слоя, содержащего 0,8-1,2%С, толщиной 0Б5-2 мм.
Закалочная ванна	Охлаждение изделий при последующей закалке

Температура нагрева при цементации составляет 910-930°C.

Время выдержки изделий в печи при цементации τ складывается из времени нагрева $\tau_{нагр}$ (зависит от размеров цементационного ящика) и времени собственно цементации $\tau_{цем}$ (зависит от размеров цементационного ящика l и требуемой толщины диффузионного слоя δ).

$$\tau = \tau_{нагр} + \tau_{цем} \quad (15)$$

$$\tau_{нагр} = k \times l, \text{ мин} \quad (16)$$

здесь $k=9$ мин/см; l – минимальный размер цементационного ящика, см.

Время цементации $\tau_{цем}$ определяют в соответствии с таблицей (34).

Таблица 34. Данные для определения времени цементации

Размер цементационного ящика l , см	Время $\tau_{цем}$ (час) для δ (мм)	
	$\delta = 0,7-0,9$	$\delta = 1,2-1,5$
15	5,5-6,5	9-11
25	7,5-8,5	11-14

Цементованные изделия подвергают закалке в масле с температуры 820–850°C и низкому отпуску.

5.7. Типовые технологии упрочняющей обработки изделий

Технология термической обработки изделия представляет собой совокупность операций термообработки для конкретного изделия (с указанием режимов нагрева, выдержки и охлаждения). При необходимости нагрев и охлаждение при термической обработке производится в расплавах солей или щелочей. Различают одинарную (отжиг, нормализация) и двойную (закалка+отпуск) термообработку. В ряде случаев изделия проходят более сложную термическую обработку. Например, заготовки из легированных сталей, при необходимости, проходят отжиг или нормализацию для улучшения обрабатываемости резанием, а после размерной обработки подвергаются термическому упрочнению (закалка+отпуск). В таблице 35 представлены режимы упрочняющей термической обработки для некоторых групп стальных изделий, а также изделий из цветных сплавов.

Таблица 35. Технология термической обработки стальных изделий и изделий из цветных сплавов

Группа: изделий, сплавов	Марка стали, сплава	Режим
<i>Конструкционные углеродистые и низколегированные стали</i>		
Силовые детали	Ст6, 30, 45 и др.	Полная закалка, вода; высокий отпуск, воздух.
	30Х, 45Х, 30ХМ и др.	Полная закалка, масло; высокий отпуск, вода ² или масло.
	30ХГСНА, 40ХГСНЗВА, 40ХН2СМА и др.	Полная закалка, масло; низкий отпуск, воздух
	30ХГСА, 40ХН, 40ХН2МА и др.	Термомеханическая обработка: ВТМО: Нагрев до аустенитного состояния, деформация 20-40% в аустенитном состоянии, закалка; низкий отпуск. НТМО: Нагрев до аустенитного состояния, переохлаждение аустенита до 400-600°С, деформация 50-90%; низкий отпуск.
Упругие детали	65, 70 и др.	Полная закалка, масло; средний отпуск, воздух.
	У10, У12 и др.	Неполная закалка, масло; средний отпуск, воздух.
	50ХФА и др.	Полная закалка, масло; средний отпуск, воздух.
<i>Инструментальные стали</i>		
Режущий и измерительный инструмент	У7, У8 и др.	Закалка: Неполная, нагрев в соляной ванне, охлаждение из воды в масло. Отпуск: низкий, воздух.
<i>Цветные сплавы</i>		
Al – сплавы	Дуралюмины (Д), ковочные (АК), высокопрочные (В), авиаль (АВ)	Закалка + старение: Д – $t_{зак} = 495-510^{\circ}\text{C}$, холодная вода; старение 190°С 10 час; АК – $t_{зак} = 505-520^{\circ}\text{C}$, вода; старение 150-165°С 6-15 час; В – $t_{зак} = 460-470^{\circ}\text{C}$, вода; старение 135-145°С 16 час; АВ – $t_{зак} = 515-525^{\circ}\text{C}$, вода; старение

Группа: изделий, сплавов	Марка стали, сплава	Режим
		ние 160°C 12час.
Си – сплавы	Никель-кремнистые бронзы (БрКН), Бериллиевые бронзы (БрБ)	Закалка+старение: БрКН $t_{зак}=800^{\circ}\text{C}$, вода; старение 500°C; БрБ – $t_{зак}=770-780^{\circ}\text{C}$, вода; старение 300-350°C 2 час.
Mg – сплавы	МА5, МА11, МА12, МА14 МЛ4, МЛ5, МЛ6, МЛ8 и др.	Закалка+старение: нагрев под закалку 4-24 час; выдержка при старении 16-24 час. МА – $t_{зак}=380-540^{\circ}\text{C}$, вода; старение 175-200°C; МЛ – $t_{зак}=380-540^{\circ}\text{C}$, вода; старение 300-315°C.
($\alpha+\beta$) Ti – сплавы	BT3-1, BT9, BT14, BT22	Закалка: нагрев до ($\alpha+\beta$) области, вода; старение 480-550°C. ХТО: азотирование при 850-950°C 30-60 час. в атмосфере N ₂ .

Тема №6. Технологические процессы восстановления работоспособности деталей

На ремонтных предприятиях автосервиса применяются следующие технологические методы изготовления и восстановления деталей:

- обработка давлением;
- сварка, наплавка, и термическая резка;
- механизированная размерная обработка;
- слесарная обработка.

Для реализации каждого из названных методов необходимо соответствующее технологическое оборудование (молоты, прессы, сварочные трансформаторы, металлорежущие станки и др.), при их реализации используется соответствующий инструмент (деформирующий, режущий) и материалы (сварочные электроды).

6.1. Обработка заготовок давлением

Обработка давлением – процесс получения заготовок и изделий путём изменения формы заготовок за счёт пластической деформации. На рисунке 12 представлены схемы обработки заготовок давлением.

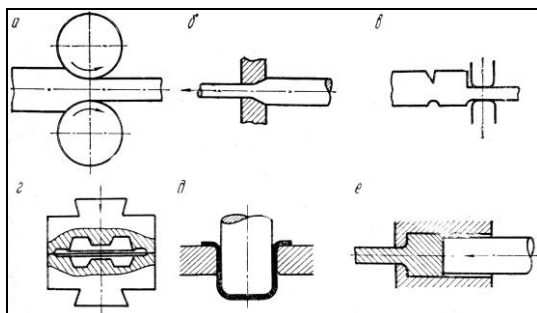


Рис. 12. Схемы обработки заготовок давлением: а) прокатка; б) волочение; в) ковка; г) объёмная штамповка; д) листовая штамповка; е) прессование

Следует отметить, что в условиях ремонтных предприятий автосервиса широко используется ковка и несколько меньше листовая штамповка. Остальные схемы обработки заготовок, представленные на рис. 12, (прокатка, волочение, объёмная штамповка и прессование) реализуются на специализированных металлургических предприятиях.

При обработке давлением металл нагревается с целью повысить его пластичность и снять деформационное упрочнение. Деформационное упрочнение металла устраняется вследствие рекристаллизации металла при нагреве выше температуры, называемой температурным порогом рекристаллизации. Температурный порог рекристаллизации $T_{\text{ПР}}$ определяется по формуле А.А.Бочвара

$$T_{\text{ПР}} = 0,4 \cdot T_{\text{пл}}, \text{ К} \quad (17)$$

здесь $T_{\text{пл}}$, К – температура плавления обрабатываемого сплава; переход к градусам Цельсия: $t_{\text{ПР}} = (T_{\text{ПР}} - 273)^\circ\text{C}$.

В зависимости от соотношения температуры обработки $t_{\text{обр}}$ и температуры рекристаллизации деформируемого металла $t_{\text{ПР}}$ различают холодную и горячую обработку давлением: горячая обработка при $t_{\text{обр}} > t_{\text{ПР}}$, холодная – $t_{\text{обр}} < t_{\text{ПР}}$. При горячей обработке давлением упрочнение металла снимается тем быстрее, чем больше перегрев металла ($t_{\text{обр}} - t_{\text{ПР}}$). Для стали при нагреве $\approx 1000^\circ\text{C}$ (ковочные температуры) рекристаллизация металла завершается в доли секунды. В таблице 36 приведены ковочные температуры некоторых сплавов.

Таблица 36. Ковочные температуры сплавов, $^\circ\text{C}$

Сплав	Температура	
	Началоковки	Конецковки
Углеродистая сталь		
$< 0,3\% \text{ C}$	1200 ... 1150	800 ... 850
0,3 – 0,5% C	1150 ... 1100	800 ... 850

0,5 – 0,9% С	1100 ... 1050	800 ... 850
Легированная сталь		
Низколегированная	1100	825 ... 850
Среднелегированная	1100 ... 1150	850 ... 875
Высоколегированная	1150	875 ... 900
Медные сплавы		
Бронза	850	700
Латунь ЛС 59-1	750	600

Температуру сплава при обработке давлением ориентировочно можно определить по цветам каления (таблица 37).

Таблица 37. Цвета каления стальных заготовок

t°, С	Цвет	t°, С	Цвет
550	Темно-коричневый	900	Ярко-красный
670	Коричнево-красный	950	Желто-красный
680	Темно-красный	1000	Желтый
740	Темно-вишневый	1100	Ярко-или светло желтый
770	Вишневый	1200	Желто-белый
800	Ярко- или светло вишневый	1300	Белый
850	Ярко- или светло красный		

Ковка – вид горячей обработки заготовок давлением, при котором необходимое изменение формы заготовки достигается последовательными ударами бойка молота или давлением деформирующего инструмента на прессе. Применяется для получения заготовок в виде поковок из проката. На рис. 13. схематично показаны операции ковки.

Осадка (рис. 13, а) – состоит в уменьшении высоты заготовки, сопровождающемся увеличением поперечного сечения. Осадка с использованием подкладного кольца называется *высадкой* (рис. 13, б).

Протяжка (рис. 13, в) – операция, состоящая в увеличении длины заготовки, сопровождающемся уменьшением её поперечного сечения. Она выполняется путём многократного обжатия заготовки от её середины к краям ударами молота по подбойке оло между бойками ковочного молота.

Гибка (рис. 13, г) – предназначена для придания заготовке изогнутой формы по заданному контуру. При этом используются фигурные бойки или подкладной инструмент. При протяжке полосовая заготовка небольшого сечения укладывается между верхним 1 и нижним 2 бойками молота и загибается ударами кувалды; заготовка большого сечения изгибается в подкладном штампе 4 с помощью раскатки.

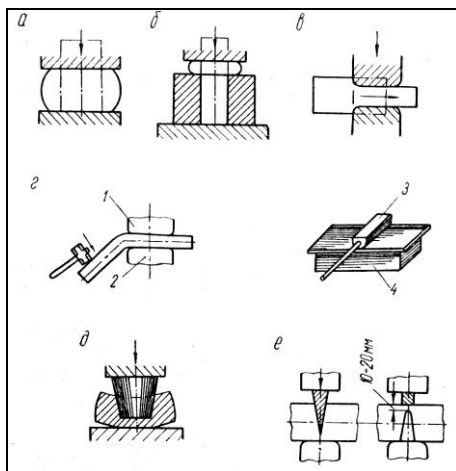


Рис. 13. Операции ковки: а) осадка; б) высадка; г) протяжка; д) гибка; д) прошивка; е) рубка.

Прошивка (рис. 13, д) – применяется для получения полостей в заготовке за счёт вытеснения металла. Инструмент: прошивень или пробойник.

Отрубка (рис. 13, е) – операция, состоящая в отделении части заготовки по незамкнутому контуру путём внедрения деформирующего инструмента (топора).

Листовая штамповка – применяется для получения изделий из листового проката, полосы и ленты. При $s < 10$ мм применяется холодная штамповка, при $s > 10$ мм применяется горячая штамповка.

Операции листовой штамповки (рис. 14) подразделяются на разделительные (вырубка, пробивка, отрезка, обрезка, надрезка, просечка), при которых происходит отделение частей металла, и формоизменяющие (гибка, вытяжка, отбортовка, закатка).

Вырубка (рис. 14, а) – операция по получению заготовки замкнутого контура (на рисунке показано получение заготовки в виде круглой пластины). *Пробивка* (рис. 14, б) – получение в заготовке отверстия нужной формы. *Отрезка* (рис. 14, в) – отделение от листа или полосы отделяется часть металла. *Обрезка* (рис. 14, г) – удаление излишка металла или заусенца. *Надрезка* (рис. 14, д) – операция, отличающаяся от вырубки тем, что отделение металла ведётся не по всему контуру. *Просечка* (рис. 14, е) – это вырубка или пробивка заготовок из неметаллических материалов (изготовление прокладок и др.).

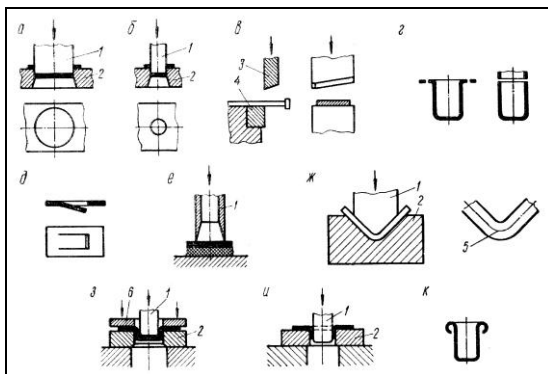


Рис. 14. Операции листовой штамповки: а) вырубка; б) пробивка; в) отрезка; г) образка; д) надрезка; е) просечка; ж) гибка; з) вытяжка; и) отбортовка; к) закатка

Формоизменяющие операции листовой штамповки состоят в деформации металла по периметру взаимодействия с инструментом, остальной металл заготовки в деформации не участвует. *Гибкой* (рис. 14., ж) плоской заготовке придают нужную изогнутую форму. *Вытяжка* (рис. 14, з) – операция получения из плоской заготовки полой пространственной детали. *Отбортовкой* (рис. 14, и) получают борт (горловину) по наружному контуру заготовки или в отверстиях. *Закаткой* (рис. 14, к) получают кольцевое закругление по контуру изделия.

Инструментом для листовой штамповки является штамп, состоящий из матрицы (неподвижная часть штампа) и пуансон (подвижная часть) или ножницы. При разделительных операциях рабочие части штампа – пуансон 1 и матрица 2 (см. рис. 14, а, б), подвижный 3 и неподвижный 4 ножи (см. рис. 14, в) – имеют острые кромки и выполняются в соответствии с формой детали. Пуансон 1 и матрица 2 для формоизменяющих операций (см. рис. 14, ж, з, и) имеют закруглённые кромки. Во избежание образования складок вытяжные штампы имеют прижим (см. 6 на рис. 14, и).

Ковка выполняется на молотах (паровоздушных и пневматических) или гидравлических прессах. Небольшие ремонтные предприятия располагают пневматическими ковочными молотами (рис. 15). В них электродвигатель 5 через зубчатую передачу 6 и кривошипно-шатунный механизм 12 приводит в движение поршень 10, компрессорного цилиндра 3. Верхняя и нижняя полости компрессорного и рабочего 1 цилиндров соединены трубопроводами. При работе молота компрессор через воздухораспределительную систему с золотниками 2 и 4 подаёт воздух попеременно либо в верхнюю, либо в нижнюю часть цилиндра 1. При этом рабочий поршень 11, связанный с бабой и подвижным бойком 9 перемещается вверх и вниз, ударяя при движении вниз по заготовке (на рис. 15 не показана), уложенной на неподвижный боёк 8, закреплённый в шаботе 7.

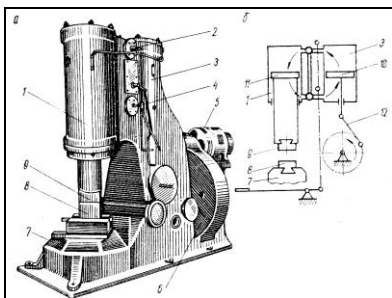


Рис. 15. Пневматический молот:
а) общий вид; б) кинематическая
схема.

Пневматические молоты применяются дляковки мелких поковок (примерно до 20 кг) и изготовляют с массой падающих частей 50–1000 кг.

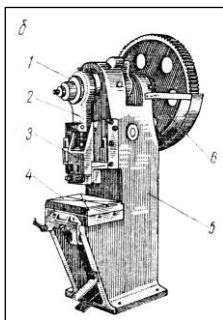


Рис. 16. Одноступенчатый эксцентриковый пресс.

Для холодной листовой штамповки применяют кривошипные и эксцентриковые прессы. У одноступенчатого эксцентрикового пресса (рис. 6.5) главный вал 1 с эксцентриком получает вращение от электродвигателя через зубчатую передачу 6. При этом шатун 2 перемещает вверх и вниз ползун 3. Стол 4 предназначен для крепления нижней части штампа, хвостовик верхней части штампа закрепляется в ползуне. Все узлы пресса смонтированы на массивной станине 5.

6.2. Сварка, наплавка и термическая резка

Сварка – технологический процесс соединения деталей в результате действия межатомных сил, которое происходит при местном сплавлении (сварка плавлением) или совместном пластическом деформировании (сварка давлением) кромок свариваемых деталей.

К способам сварки плавлением относятся: **дуговая сварка** (ручная покрытым электродом, автоматическая под флюсом, газозлектрическая и дуговой плазмой), электрошлаковая, электронно-лучевая и газовая. Сварка давлением при ремонтах и восстановлении деталей практически не применяется.

Источником теплоты при дуговой сварке является электрическая дуга, которая горит между двумя электродами (рис.17), при этом часто один электрод представляет собой свариваемую заготовку.

При применении постоянного тока различают сварку на **прямой и обратной полярностях**. В первом случае сварочный электрод подключается к отрицательному полюсу и служит катодом, во втором – к положительному и служит анодом.

Ручная дуговая сварка (РДС) является самым распространенным технологическим методом получения неразъемных соединений деталей и восстановления деталей наплавкой.

Рабочее место сварщика – **сварочный пост** (рис. 18) оборудован: токопроводящим столом 1, электрододержателем 2, соединённым сварочными кабелями с источником питания электрической дуги 3 (сварочный трансформатор и сварочный выпрямитель).

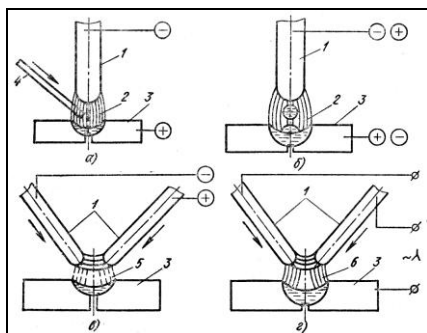


Рис. 17. Схемы электродуговой сварки (1 – электрод; 2 – дуга прямого действия; 3 – основной металл; 4 – присадочный металл; 5 – дуга косвенного действия; 6 – трёхфазная дуга): а) неплавящимся электродом; б) плавящимся электродом; в) косвенной дугой; г) трёхфазной дугой.

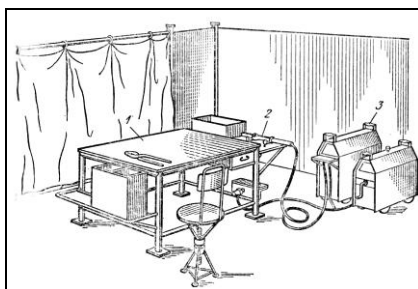


Рис. 18. Оборудование сварочного поста

Для проведения сборки сварных соединений на сварочном посту имеются различные приспособления (стяжки, струбцины и пр.). При выполнении сварки сварщик должен быть защищён от воздействия дуги (щиток или маска с тёмным стеклом; брезентовая спецодежда, рукавицы, специальная обувь). Сварочный пост в обязательном порядке должен быть оборудован приточно-вытяжной вентиляцией.

Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, полученных РДС регламентированы ГОСТ 5264–80. На рис. 19. показаны виды сварных соединений, получаемых сваркой плавлением.

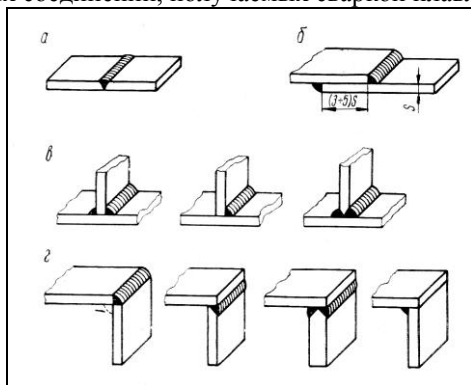


Рис. 19. Виды сварных соединений: а) стыковое; б) нахлесточное; в) тавровое; г) угловое

На рис. 20 показаны конструктивные элементы швов сварных соединений. Численные значения конструктивных элементов сварных швов определяются расчётом (катет шва k) или принимаются по рекомендациям соответствующего ГОСТа (усиление шва g , угол разделки кромок β , притупление c , технологический зазор δ).

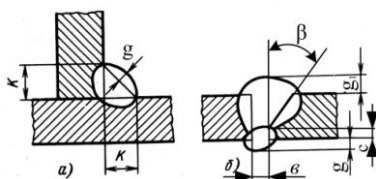


Рис. 20. Обозначение конструктивных элементов сварных швов (k – катет шва; g – усиление шва; β – угол разделки кромок; c – притупление; δ – технологический зазор): а) тавровое соединение; б) стыковое соединение

Часть основного металла, непосредственно примыкающая к сварному шву, называется околшовоной зоной или *зоной термического влияния* (ЗТВ). Структура и свойства металла ЗТВ могут измениться результате термического воздействия дуги и последующего охлаждения соединения.

Свариваемость – технологическое свойство, характеризующее способность сплавов образовывать сварное соединение, надёжное в эксплуатации. Свариваемость качественно оценивается степенью соответствия свойств сварного соединения аналогичным свойствам основного металла, а также наличием сварочных дефектов в виде трещин, пор, неметаллических включений и т.п. По свариваемости стали подразделяются на четыре группы:

- хорошо сваривающиеся (обычная технология сварки – без подогрева до сварки и в процессе сварки и без последующей термообработки);

- удовлетворительно сваривающиеся (в нормальных производственных условиях трещин не образуется или для предупреждения образования трещин необходим предварительный подогрев, а также предварительная и последующая термообработка);
- ограниченно сваривающиеся (в обычных условиях сварки склонны к образованию трещин – обязательный подогрев и термическая обработка до и после сварки);
- плохо сваривающиеся (для сварных конструкций не применяются, обязателен подогрев и термообработка до и после сварки).

Обобщенно влияние содержания углерода, легирующих элементов и примесей на качество сварного соединения характеризуется так называемым углеродным эквивалентом CE . Согласно ГОСТ 27772–88 углеродный эквивалент предложено определять по формуле

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \% \quad (18)$$

здесь символы элементов выражают массовые доли этих элементов; множители при символах представляют собой коэффициенты активности данных элементов.

Из формулы (18) видно, что ряд активности легирующих элементов по влиянию на свариваемость имеет вид: $C, P, Mo, Cr, Mn, Cu, V, Si, Ni$.

Углеродный эквивалент следующим образом характеризует свариваемость сталей:

- $CE < 0,35$ – сварка не вызывает затруднений;
- $CE = 0,35 \div 0,6$ – сварка проводится с соблюдением мер предосторожности;
- $CE > 0,6$ – вероятность образования трещин возрастает и необходимы специальные меры предосторожности.

Д.Сефериан предложил методику расчетного определения температуры T_H подогрева при сварке, учитывающую химический состав стали и толщину свариваемых листов. Методика Сефериана основана на использовании углеродного эквивалента как меры закаливаемости стали с поправкой на толщину листов s и введении ряда поправочных коэффициентов

$$T_H = 350 \cdot \sqrt{CE \cdot (1 + 0,005 \cdot s)} - 0,25, ^\circ C \quad (19)$$

здесь 0,005 – коэффициент толщины; s – мм; 0,25 – верхний предел содержания углерода в обычных свариваемых сталях.

В таблице 38 конструкционные стали разбиты по группам свариваемости.

Таблица 38.	Группы свариваемости сталей
Группа	Марки стали
Хорошая	Ст3сп, 20, 25, 15X, 20X, 15NM, 12XH2, 18XГТ, 09Г2С, 14ХГС, 12МХ, 12Х18Н10Т

Удовлетворительная	12ХН3А, 20ХН3А, 15Х2ГН2ТА, 15Х2ГН2ТРА
Ограниченная	Ст5сп, Ст6сп, 30, 20ХН, 40Х, 30ХМА, 30ХГС, 30ХН3А, 35СГ, 35Г2
Плохая	50Х, 50Г2, 50ХН, 36Г2С

РДС выполняются покрытыми электродами, представляющими собой металлические стержни со специальной обмазкой. По ГОСТ 9466–75 используются электроды: диаметром $d_3=1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8$ мм и длиной $L_3=225; 250; 350; 400; 450$ мм.

Электроды для РДС по ГОСТ 9466–75 классифицируются по ряду признаков: по назначению, виду и толщине покрытия и пр.

По назначению электроды подразделяются на 5 групп:

- для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с пределом прочности до 600 МПа (60 кгс/мм^2) – группа У;
- для сварки легированных конструкционных сталей с пределом прочности свыше 600 МПа (60 кгс/мм^2) – группа Л;
- для сварки легированных теплоустойчивых сталей – группа Т;
- для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами – группа В;
- для наплавки поверхностных слоёв с особыми свойствами – группа Н.

Электроды подразделяются на типы: группы У, Л, Т по ГОСТ 9467–75, группа В по ГОСТ 10052–75, группа Н по ГОСТ 10051–75.

Группы У и Л содержат 14 типов электродов: Э38, Э42, Э46, Э50, Э42А, Э46А, Э50А, Э55, Э60, Э70, Э85, Э100, Э125, Э150. Обозначение типа электродов этих групп характеризует гарантированный предел прочности наплавленного металла в кгс/мм^2 , «А» в конце обозначения типа для наплавленного металла с повышенными требованиями по пластичности и ударной вязкости.

Группа Т содержит 9 типов электродов: Э-09М, Э-09МХ, Э-09Х1М, Э-05Х2М, Э-09Х2М1, Э-09Х1МФ, Э-10Х1М1НФБ, Э-10Х3М1БФ, Э-10Х5МФ. Группа В содержит 49 типов электродов: Э-12Х13, Э-06Х13Н и др. Группа Н содержит 44 типа электродов: Э-10Г2, Э-20Х13, Э-35Х12В3СФ, Э-320Х25С2ГР и др. Обозначение типа электродов этих групп характеризует химический состав наплавленного металла, подобно маркировке конструкционных сталей. Например: Э-09МХ – 0,09% С; 0,5% Мо; 1% Cr; Э-320Х25С2ГР – 3,2% С; 25% Cr; 2% Si; 1% Mn; 1% В.

По толщине покрытия в зависимости от отношения D/d (D – диаметр покрытого электрода; d – диаметр электрода, определяемый диаметром металлического стержня) электроды подразделяются на 4 группы: с тонким покрытием $D/d \leq 1,2$; со средним покрытием $1,2 \leq D/d \leq 1,45$; с толстым покрытием $1,45 \leq D/d \leq 1,8$; с особо толстым покрытием $D/d > 1,8$.

Каждому типу электродов может соответствовать одна или несколько марок (таблица 39). *Марка электрода* характеризует его технологические свойства: род тока (постоянный, переменный), полярность тока (прямая, об-

ратная), положение при сварке (нижнее, верхнее, потолочное, все), коэффициент наплавки α_H [г/(А·час)].

Таблица 39. Технологическая характеристика и назначение электродов

Марка электрода	Род тока	Полярность	П.ш.в.п.	α_{H} , г/(А·час)	Технологические особенности и назначение
Группы У и Л: электроды типа Э42					
ОЗС-9	=, ~	Обратн.	Все (2)	7,0	Сварка малых толщин. При сварке по окисленной поверхности малочувствительны к образованию пор
ОЗС-23				7,5	
Группы У и Л: электроды типа Э46					
МР-1	=, ~	Любая	Все (2)	8,5	Возможна сварка короткой и средней дугой, Хорошо перекрывает зазоры
МР-3		Обратн.		8,0	
ОЗС-6				10,5	Повышенная производительность. Допускается сварка по окисленной поверхности.
ОЗС-9В				8	
Группы У и Л: электроды типа Э50А					
АНО-25	=, ~	Обратн.	Все (2)	9,5	Хладостойкость шва до -60°С при сварке сталей 10ХСНД, 15Г2АФД
АНО-31		Любая		9,0	
Группа Т: электроды типа Э-09М					
ЦЛ-6	=, ~	Любая	Все (2)	10,5	Сварка паропроводов, коллекторов котлов из сталей 16М, 20М
УОНИ-13/15М	=	Обратн.		9,0	
ЦУ-2М				9,5	
Группа В: электроды типа Э-07Х20Н9*					
$\frac{\text{УОНИ}-13/\text{НЖ}}{04\text{X}19\text{H}9}$	=	Обратн.	Все (2)	10,5	Сварка конструкций из сталей 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н10Т и др., когда к металлу шва не предъявляются жёсткие требования по стойкости против МКК**
$\frac{\text{ОЗЛ}-8}{04\text{X}19\text{H}9}$				13,0	
Группа В: электроды типа Э-10Х20Н9Г6С*					
$\frac{\text{УОНИ}-13/\text{НЖ}-\text{К}}{08\text{X}21\text{H}10\text{Г}6}$	=	Обратн.	Все (2)	11,5	Сварка конструкций из низколегированных сталей, а также из разнородных сталей (конструкционных углеродистых и низколегированных с высоко-
$\frac{\text{ЗИФ}-1}{08\text{X}21\text{H}10\text{Г}6}$				11	

Марка электрода	Род тока	Полярность	П.ш.в п.	$\alpha_{\text{н}}$, г/(А·час)	Технологические особенности и назначение
					хромистыми 08X13, 12X17 и аустенитными 12X18Н9Т, 10X18Н10 и др.)

Пояснения: П.ш.в п. – положение шва в пространстве. Индексом (2) отмечены марки электродов, позволяющие производить сварку во всех положениях кроме вертикальных швов сверху–вниз; * – в обозначении марки электрода: числитель – марка электрода, знаменатель – марка проволоки; ** МКК – межкристаллитная коррозия.

РДС применяется для получения сварных соединений малых и средних толщин $s=2...30$ мм. Диаметр электрода $d_э$ согласуется с толщиной s соединяемых деталей (таблица 40).

Таблица 40. Выбор диаметра электрода и коэффициента сварочного тока

Толщина s , мм	1-2	3-4	5-6
Диаметр электрода $d_э$, мм	2-3	3-4	4-5
Коэффициент сварочного тока k , А/мм	25-30	30-45	45-60

Величина сварочного тока $I_{\text{св}}$ является расчетным параметром

$$I_{\text{св}} = k \cdot d_э \text{ А} \quad (20)$$

здесь k , А/мм – коэффициент сварочного тока (см. таблицу 40).

Напряжение сварочной дуги $U_{\text{св}}$ ограничено соображением безопасности работы сварщика $U_{\text{св}}=15...30$ В.

6.3. Механизированная размерная обработка деталей

Механическая обработка является заключительным этапом изготовления или восстановления детали. Целью механической обработки является получение требуемых по чертежу размеров детали с достижением требуемых точности и чистоты поверхности. Механическая обработка выполняется различными технологическими методами: точение, строгание, сверление, растачивание, фрезерование, протягивание, зубонарезание и др. Выбор технологического метода определяется видом обрабатываемой поверхности (тело вращения, плоскость, отверстие, отверстие в корпусных деталях и пр.) и наличием соответствующего оборудования.

На ремонтных предприятиях автосервиса наиболее распространены следующие способы размерной обработки деталей: **точение, строгание, сверление, фрезерование, шлифование, хонингование, суперфиниш** (таблица 41).

Таблица 41.

Виды механической обработки деталей

Наименование	Оборудование – станки	Назначение (операции)
Точение	Токарные, токарно-винторезные, карусельные	Обработка тел вращения (протачивание, растачивание, подрезание, отрезание, нарезание резьбы и др.)
Строгание	Поперечно-строгальные, продольно-строгальные	Обработка длинных узких плоскостей
Сверление	Вертикально-сверлильные, горизонтально-сверлильные, карусельные	Получение и обработка отверстий в сплошном металле (сверление, рассверливание, развертывание, зенкерование, зенкование, цекование)
Растачивание	горизонтально-расточные, координатно-расточные	Обработка отверстий в корпусных деталях с высокой точностью инструментом, установленным в борштанге (операции см. сверление)
Фрезерование	Вертикально-фрезерные, горизонтально-фрезерные, универсальные консольные горизонтально-фрезерные	Обработка плоскостей, уступов, пазов, канавок, фасонных поверхностей, зубьев зубчатых колес; получение резьбы; разрезание металла
Шлифование	Плоскошлифовальные, круглошлифовальные	Чистовая обработка поверхностей детали (в том числе после термообработки) абразивным инструментом
Хонингование (притирочное шлифование)	Хонинговальные (шлифовально-притирочные)	Отделочная обработка в основном внутренних цилиндрических поверхностей детали мелкозернистым абразивным инструментом в виде брусков, смонтированных на хонинговальной головке (хоне)
Суперфиниш (обработка колеблющимися брусками)	Специальные станки	Один из видов отделочной обработки деталей шлифованием для получения более гладкой поверхности

Механизированная размерная обработка деталей осуществляется резанием металла с использованием соответствующего режущего инструмента:

- точение, растачивание – **токарные** (проходные, отрезные, резьбовые, фасонные и др.), **расточные резцы**;
- строгание – **строгальные резцы**;
- сверление, нарезание резьбы – **сверла, развертки, зенкеры, цековки, метчики**;
- фрезерование – **фрезы** (цилиндрические, торцевые, концевые, дисковые, пазовые, шлицевые, фасонные, дисковые пилы и др.);
- шлифование, хонингование, суперфиниш **шлифовальные круги, шлифовальные головки, шлифовальные сегменты, шлифовальные бруски**.

6.4. Слесарная обработка деталей

Под **слесарной обработкой** понимают обработку металла с помощью ручного режущего или деформирующего инструмента.

Оборудованием для слесарной обработки деталей является **слесарный верстак с тисками**. Для выполнения отдельных операций применяются **технологические приспособления** (оправки и др.) и соответствующий **слесарный инструмент** (ударный, деформирующий, режущий).

Слесарная обработка включает в себя следующие основные операции: разметка, рубка, резка, правка, рихтовка, гибка, опилование, обработка отверстий, нарезание резьбы, клепка, шабрение, притирка и доводка (таблица 42).

Таблица 42. Содержание операций слесарной обработки и применяемый инструмент

Наименование	Содержание обработки	Инструмент, приспособление
Разметка	Нанесение на поверхность заготовки точек и линий, ограничивающих контур будущей детали	Разметочная плита, чертилка, линейка, разметочный циркуль, кернер, рейсмас, разметочный молоток
Рубка	Разделение заготовки на части или удаление лишних слоев металла	Зубило, крейцмейсель, слесарный молоток
Резка	Разделение материала на части со снятием стружки (пиление) или без оного (разрезание)	Ножовка, ножницы (ручные, стуловые, механические)
Правка	Выпрямление изогнутого металла ударным инструментом	Молоток слесарный, киянка (для тонкого листа), подержка
Рихтовка	Выправление металличе-	Винтовые прессы, оправки,

Наименование	Содержание обработки	Инструмент, приспособления
	ских полуфабрикатов, штамповок, отливок, механически обработанных деталей для устранения искривлений, коробления, возникающего из-за несовершенства технологии их изготовления, от перегрузки при эксплуатации и др. причин	индикаторы часового типа
Гибка	Получение изогнутой детали из полосовой заготовки или трубы	Молоток слесарный, оправки, трубогибочные приспособления
Опиливание	Обработка материалов с помощью напильников, надфилей и др. инструмента	Напильники (драчевые, личные, бархатные), надфили, вращающиеся напильники (борнапильники, дисковые, пластинчатые)
Обработка отверстий	Обработка отверстий с помощью дрелей (ручные, электрические, пневматические), а также настольных сверлильных станков	Вороток, сверла, развертки, зенкеры, цековки, кондукторы
Нарезание резьбы	Получение резьбы на стержнях и в отверстиях	Вороток, плашки, лерки, клуппы, метчики
Клёпка	Образование неразъемных соединений деталей с помощью заклепок	Слесарный молоток, подержка, обжимка
Шабрение	Окончательная отделочная операция по обработке сопрягаемых поверхностей (обычно охватывающих) соскабливанием тонких стружек	Шабер, поверочная плита, поверочная линейка, поверочный шаблон
Притирка и доводка	Заключительная операция обработки поверхностей очень мелкими зернами абразивного материала с целью получения высокой чистоты поверхности и	Притир соответствующей формы, абразивный порошок с керосином или машинным маслом

Этапы разработки ТПВД	Решаемые задачи
	5.2. Выбор инструмента и технологических режимов ведения ТПВД
6. Оформление технологической документации	6.1. Составление маршрутных карт ТПВД

Маршрутно-технологическая карта (МТК) является документом, на основе которого реализуется технологический процесс восстановления работоспособности деталей.

МТК содержит: наименование и описание операций (дефектация, сварочная, наплавочная, размерная обработка, контрольная и др.), перечень применяемого технологического оборудования (металлорежущее, сварочное, контрольное и др.), используемый инструмент, приспособления, материалы, а также режимные параметры выполнения отдельных операций (таблица 44).

Таблица 44. Маршрутная карта технологического процесса восстановления деталей

Ремонтная организация	Маршрутно-технологическая карта ремонта				Заказчик
	Наименование детали				№ заказа
1	2	3	4	5	6
№	Наименование и содержание операций ¹	№ документа	Оборудование ²	Инструмент, приспособления, материалы ³	Режимные параметры ⁴
1.	Дефектация	чертеж, эскиз и др.	металло-режущее, сварочное, контрольное		
2.	Токарная, фрезерная, слесарная, шлифовальная, сварочная, наплавочная, контрольная и др.				
Примечание: 1 – Перечень технологических операций определяется содержанием ремонта (обязательные операции: дефектация, контрольная); 2					

1	2	3	4	5	6
– задействованное при ремонте оборудование определяется технологическими операциями; 3 – указываются для операций, в которых задействовано металлорежущее и сварочное оборудование; 4 – указывается для сварочной и наплавочной операций					

Тема №7. Практические расчеты по курсу ТПС

7.1. Выбор марки стали по заданным свойствам

Выбор марки стали, обеспечивающей необходимый уровень механических свойств HB_x , σ_{Bx} , δ_x , ψ_x проводится поэтапно в следующей последовательности

Свойство → Содержание углерода (x) → Марка стали

Первый этап реализуется с помощью уравнений регрессии вида «свойство (HB_x , σ_{Bx} , δ_x , ψ_x) → содержание углерода x» см. 5.1 уравнения (5–8). Зная расчетное содержание в стали углерода x, марку конструкционной стали выбираем из ГОСТ 1050–88 (см. таблицу 6).

7.2. Расчет резьбового соединения

Расчет резьбового соединения состоит в определении допустимой силы затяжки резьбового соединения и допустимого момента на ключе. Необходимость данного расчета вызвана необходимостью ограничения момента на ключе для предохранения болта от разрушения или недопустимой деформации при затяжке (это актуально для болтов малого диаметра до M10).

Исходными данными для расчета являются: свойства материала болта, номинальный диаметр резьбы.

Материал болтов: Сталь A12 (отжиг), $\sigma_T = 29 \text{ кгс/мм}^2$; Сталь 45 (отжиг), $\sigma_T = 36 \text{ кгс/мм}^2$; Сталь 30ХГСА (улучшение), $\sigma_T = 82 \text{ кгс/мм}^2$.

Допустимая сила затяжки определяется по формуле

$$[Q] = 0,471 \cdot d_1^2 \cdot \sigma_T, \text{ кгс} \quad (21)$$

здесь d_1 в мм – по ГОСТ 8724 или 6357, σ_T в кгс/мм^2 .

Допустимый момент на ключе определяется по формуле

$$[M_{кл}] = 0,07 \cdot d^3 \cdot \sigma_T, \text{ кгс} \cdot \text{мм} \quad (22)$$

здесь d в мм – по ГОСТ 8724 или 6357; σ_T в кгс/мм^2 .

7.3. Выбор режима термообработки изделия

Выбор режима термообработки заключается в назначении режима закали и отпуска изделия (см. тему №5). При этом необходимо выбрать вид отпуска, исходя из принадлежности обрабатываемого изделия к той или иной функциональной группе, опираясь на типовые технологии упрочняющей обработки изделий (таблица 35).

7.4. Определение критического диаметра изделия

Определение критического диаметра изделия выполняется по номограмме М.Е.Блантера (см. рис. 11), опираясь на известное значение характеристического расстояния $X_{\text{ПМ}}$ заданной стали (см. 5.5).

7.5. Технологические расчеты РДС

При разработке технологического процесса ручной дуговой сварки и наплавки необходимо выбрать тип плавящегося электрода и его диаметр, назначить величину сварочного тока, а также определить производительность и продолжительность сварки (наплавки).

7.5.1. Выбор типа покрытого электрода

Тип покрытого электрода для РДС выбирается таким образом, чтобы обеспечить *равнопрочность основного и наплавленного металла*. Исходными данными при выборе типа электрода является марка конструкционной стали, из которой изготовлено изделие, подлежащее сварке. Зная марку стали, определяем содержание в ней углерода x (%) ГОСТ 1050–88 (см. таблицу 6).

По содержанию углерода (x , %) определяем предел прочности основного металла по уравнению регрессии

$$\sigma_{\text{Вх}} = 28 + 69,2 \cdot (x - 0,02), \text{ кгс/мм}^2 \quad (23)$$

Определив расчётом величину предела прочности стали $\sigma_{\text{Вх}}$, выбираем тип электрода для сварки углеродистых и низколегированных сталей (группы У и Л) из ряда Э38, Э42, Э46, Э50 и др., учитывая, что буквенное обозначение типа электрода в маркировке представляет собой гарантированную величину предела прочности наплавленного металла.

7.5.2. Выбор диаметра покрытого электрода и силы сварочного тока

Диаметр покрытого электрода выбираем, исходя из толщины свариваемых деталей (см. таблицу 40), при рассмотрении технологического процесса наплавки выбираем $d_3 = 3\text{--}5$ мм. Силу сварочного тока определяем, исходя из диаметра электрода по формуле 16.

7.5. 3. Определение расхода покрытых электродов

Определение расхода покрытых электродов для выполнения сварки, наплавки выполняется на основании исходных данных:

- $F_{\text{Н}}$, см² – площадь сечения наплавленного металла;
- $L_{\text{Ш}}$, см – длина сварного шва;
- $\rho = 7,8$ г/см³ – плотность наплавленного металла (для стали);
- коэффициент, учитывающий наличие покрытия и потери металла при сварке $k = 1,5 \dots 1,7$.

Параметры сварного шва $F_{\text{Н}}$, $L_{\text{Ш}}$ определяем по эскизу сварного соединения ($F_{\text{Н}}$ зависит от разделки кромок свариваемых деталей см. рис. 20).

Масса наплавленного металла определяется по формуле

$$G_H = F_H \cdot L_{ш}, \text{ г} \quad (24)$$

Расход покрытых электродов определяется по формуле

$$G_{эл} = G_H \cdot k, \text{ г} \quad (25)$$

Литература по темам

Тема №1

1. Авдеев Б.А. Техника определения механических свойств материалов. М.: Машиностроение, 1965. – 487 с.
2. Механические свойства конструкционных материалов и методы их определения / Б.П.Сафонов, Б.Д.Дергунов, Ю.С.Додин, К.Н.Марценко. – Новомосковск: НИ РХТУ, 1995. – 135 с.
3. Гаркунов Д.Н. Триботехника. М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.

Тема №2

1. Справочник по конструкционным материалам: Справочник / Б.Н. Арзамасов, Т.В.Соловьёва, С.А.Герасимов и др.; под ред. Б.Н. Арзамасова, Т.В. Соловьёвой. – М.: Изд.-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005. – 640 с.
2. Машиностроительные материалы: Краткий справочник/ В.М. Раскатов, В.С. Чуенков, Н.Ф. Бессонова, Д.А. Вейс. – М.: Машиностроение, 1980. – 511 с.
3. ГОСТ 380–2006. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
4. Сталь качественная и высококачественная. Ч.1. М.: изд. Стандартов, 1990. – 407 с.

Темы №№3, 4

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т. Т. 1, 2, 3. – М.: Машиностроение, 2004.
2. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1983. – 464 с.

Тема №5

1. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Металлургия, 1977. – 647 с.
2. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1980. – 493 с.
3. Полевой С.Н., Евдокимов В.Д. Упрочнение машиностроительных материалов. М.: Машиностроение, 1994. – 496 с.
4. Фиргер И.В. Термическая обработка сплавов: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1982. – 304 с.

Тема №6

1. Технология конструкционных материалов/ А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Л.Н. Бухаркин и др.; под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2004. 512 с.

2. Сафонов Б.П., Саяпин В.В. Терминологический словарь по материаловедению и технологии конструкционных материалов: Учебное пособие/ РХТУ, Новомосковский институт. Новомосковск, 2006. – 198 с., эл. приложение 60 МБ.
3. Коробейник А.В. Ремонт автомобилей. Ростов н/Д: Феникс, 2003. – 512 с.
4. Грохольский Н.Ф. Восстановление деталей машин и механизмов сваркой и наплавкой. М.-Л.: Машгиз, 1962. – 275 с.
5. Хромченко Ф.А. Справочное пособие электросварщика. М.: Машиностроение, 2003. – 416 с.
6. Гелин Ф.Д., Крупицкий Э.И., Позняк И.П. Технология металлов. Под общ. ред. Э.И. Крупицкого, – Минск: Вышэйшая школа, 1970. 320 с.
7. Сафонов Б.П. Виды нагружения деталей и эксплуатационные свойства конструкционных материалов. Инженерная механика, материаловедение и надежность оборудования. Сборник трудов НИ РХТУ, №5 (13), Новомосковск, 2004, с.15-22.
8. Сефериан Д. Металлургия сварки. Перевод с французского. М.: Машгиз. 1963, 350 с.

Приложение

Перечень ГОСТов на металлические полуфабрикаты и метизы

Металлические полуфабрикаты

ГОСТ 494–90 Трубы латунные. Технические условия.

ГОСТ 617–2006 Трубы медные и латунные круглого сечения общего назначения. Технические условия.

ГОСТ 1133–71 Сталь кованая круглая и квадратная. Сортамент.

ГОСТ 2590–88 Прокат стальной горячекатаный круглый. Сортамент.

ГОСТ 2591–88 Прокат стальной горячекатаный квадратный. Сортамент.

ГОСТ 7417–75 Сталь калиброванная круглая. Сортамент.

ГОСТ 8560–78 Прокат калиброванный шестигранный. Сортамент.

ГОСТ 8733–74 Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные и теплодеформированные. Технические условия.

ГОСТ 8734–74 Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент.

ГОСТ 14955–77 Сталь качественная круглая со специальной отделкой поверхности. Технические условия.

ГОСТ 16523–97 Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия.

ГОСТ 19903–90 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент.

ГОСТ 19904–90 Прокат листовой холоднокатаный. Сортамент.

Метизы

ГОСТ 397–79 Шпильки. Технические условия.

ГОСТ 1139–80 Соединения шлицевые прямобоочные. Размеры и допуски.

ГОСТ 1491–80 Винты с цилиндрической головкой классов точности А и В.

Конструкция и размеры.

ГОСТ 1488–84 Винты установочные с квадратной головкой и буртиком классов точности А и В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 1759.0–87 Болты, винты шпильки и гайки. Технические условия.

ГОСТ 2524–70 Гайки шестигранные с уменьшенным размером «под ключ» класса точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ 2526–70 Гайки шестигранные низкие с уменьшенным размером «под ключ» класса точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ 2528–73 Гайки прорезные с уменьшенным размером «под ключ» класса точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ 3128–70 Штифты цилиндрические незакалённые. Технические условия.

ГОСТ 5915–70 Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 5916–70 Гайки шестигранные низкие класса точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 5918–70 Гайки шестигранные прорезные и корончатые класса точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 5927–70 Гайки шестигранные класса точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ 5929–70 Гайки шестигранные низкие класса точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ 6402–70 Шайбы пружинные. Технические условия.

ГОСТ 6958–78 Шайбы увеличенные классы точности А и С. Технические условия.

ГОСТ 7796–70 Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 7798–70 Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 7805–70 Болты с шестигранной головкой класса точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ 7808–70 Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ 7817–70 Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности А для отверстий из-под развёртки. Конструкция и размеры.

ГОСТ 8790–79 Соединения шпоночные с призматическими направляющими шпонками с креплением на валу. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.

ГОСТ 9464–79 Штифты конические с внутренней резьбой незакалённые. Технические условия.

ГОСТ 9465–79 Штифты конические с резьбовой цапфой незакалённые. Технические условия.

ГОСТ 10299–80 Заклёпки с полукруглой головкой классов точности В и С.

Технические условия.

ГОСТ 10300–80 Заклёпки с потайной головкой классов точности В и С. Технические условия.

ГОСТ 10450–78 Шайбы уменьшенные. Классы точности А и С. Технические условия.

ГОСТ 11371–78 Шайбы. Технические условия.

ГОСТ 11738–84 Винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ класса точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ 12638–80 Заклёпки пустотелые со скруглённой головкой. Технические условия.

ГОСТ 12639–80 Заклёпки пустотелые с плоской головкой. Технические условия.

ГОСТ 12640–80 Заклёпки пустотелые с потайной головкой. Технические условия.

ГОСТ 13438–68 Шайбы сферические для станочных приспособлений. Конструкция и размеры.

ГОСТ 13439–68 Шайбы конические для станочных приспособлений. Конструкция и размеры.

ГОСТ 14797–85 Заклёпки с полукруглой головкой (повышенной точности). Конструкция и размеры.

ГОСТ 14798–85 Заклёпки с потайной головкой (угол 90°) (повышенной точности). Конструкция и размеры.

ГОСТ 14801–85 Заклёпки с плоской головкой (повышенной точности). Конструкция и размеры.

ГОСТ 15521–70 Гайки шестигранные с уменьшенным размером «под ключ» класса точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 15522–70 Гайки шестигранные низкие с уменьшенным размером «под ключ» класса точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 17473–80 Винты с полукруглой головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 17474–80 Винты с полупотайной головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 17475–80 Винты с потайной головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 19119–80 Штифты конические разводные. Технические условия.

ГОСТ 22032–76 Шпильки с ввинчиваемым концом длиной 1d. Класс точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 22033–76 Шпильки с ввинчиваемым концом длиной 1d. Класс точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ 22034–76 Шпильки с ввинчиваемым концом длиной 1,25d. Класс точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 22035–76 Шпильки с ввинчиваемым концом длиной 1,25d. Класс точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ 22036–76 Шпильки с ввинчиваемым концом длиной 1,6d. Класс точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 22037–76 Шпильки с ввинчиваемым концом длиной 1,6d. Класс точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ 22038–76 Шпильки с ввинчиваемым концом длиной 2d. Класс точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 22039–76 Шпильки с ввинчиваемым концом длиной 2d. Класс точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ 22040–76 Шпильки с ввинчиваемым концом длиной 2,5d. Класс точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 22041–76 Шпильки с ввинчиваемым концом длиной 2,5d. Класс точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ 22042–76 Шпильки для деталей с гладкими отверстиями. Класс точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ 22043–76 Шпильки для деталей с гладкими отверстиями. Класс точности А. Конструкция и размеры.

ГОСТ 23360–78 Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.

ГОСТ 24071–97 Сегментные шпонки и шпоночные пазы.

Оглавление

Предисловие.....	3
Введение.....	4
Тема №1. Сертификация конструкционных материалов.....	5
Тема №2. Номенклатура машиностроительных материалов.....	8
Тема №3. Металлические полуфабрикаты.....	16
Тема №4. Метизы.....	19
4.1. Резьбы.....	19
4.2. Конструкции и материалы крепёжных изделий.....	26
4.3. Обозначение метизов.....	36
Тема №5. Термическое и химико-термическое упрочнение деталей.....	37
5.1. Принципы выбора сталей для изготовления деталей.....	37
5.2. Виды термической обработки сплавов.....	41
5.3. Выбор режима термической обработки сплавов.....	43
5.4. Оборудование для термической обработки.....	44
5.5. Прокаливаемость сталей и критический диаметр изделия.....	46
5.6. Химико-термическая обработка изделий.....	47
5.7. Типовые технологии упрочняющей обработки изделий.....	48
Тема №6. Технологические процессы восстановления работоспособности деталей.....	50
6.1. Обработка заготовок давлением.....	50
6.2. Сварка, наплавка и термическая резка.....	55
6.3. Механизированная размерная обработка деталей.....	61
6.4. Слесарная обработка деталей.....	63
6.5. Разработка технологического процесса восстановления деталей.....	65
Тема №7. Практические расчеты по курсу ТПС.....	67
7.1. Выбор марки стали по заданным свойствам.....	67
7.2. Расчет резьбового соединения.....	67
7.3. Выбор режима термообработки изделия.....	67
7.4. Определение критического диаметра изделия.....	68
7.5. Технологические расчеты РДС.....	68
7.5.1. Выбор типа покрытого электрода.....	68
7.5.2. Выбор диаметра покрытого электрода и силы сварочного тока.....	68
7.5.3. Определение расхода покрытых электродов.....	68
Литература по темам.....	69
Приложение.....	

Учебное издание

САФОНОВ Борис Петрович

Технологические процессы в сервисе

Часть 2

Учебное пособие для студентов специализации 230712

изд.4-е, переработанное и дополненное

Редактор Н.А. Пряхина

Компьютерная верстка В.В. Гальченко

Подписано в печать [] Формат 60×84^{1/16}.

Бумага «Снегурочка». Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. 3,3. Уч.-изд. л. 3,5.

Тираж 50 экз. Заказ № []

ГОУ ВПО «Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева»

Новомосковский институт (филиал). Издательский центр.

Адрес университета: 125047, Москва, Миусская пл., 9.

Адрес института: 301650 Новомосковск, Тульская обл., ул. Дружбы, 8