

БПОУ ВО «Грязовецкий политехнический техникум»

**ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**  
**ОП.03 « Материаловедение»**

**35.02.07 «Механизация сельского хозяйства»**

Преподаватель: Иванов Н.В.

Грязовец

2018 г.

**РАССМОТРЕНО**

на заседании цикловой комиссии  
по общепрофессиональным дисциплинам  
и профессиональным модулям отделения  
«Механизация сельского хозяйства»

Протокол № 1


от « 29 » августа 2018 г.

Председатель ЦК

 Е.В. Зиновьева

**СОГЛАСОВАНО**

Зам директора по ОМР

 Е.А. Ткаченко

« 29 » августа 2018 г.

### **Пояснительная записка**

Правильный выбор материала для конкретного изделия является исключительно важной задачей. Он производится с учетом целого ряда критериев. При этом технические критерии выбора материала определяются условиями эксплуатации изделия.

Они определяют комплекс механических свойств (прочность, упругость, твердость, пластичность, вязкость), а в ряде случаев и требования к специальным свойствам (коррозионная стойкость, жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, радиационная стойкость и др.). Способ изготовления изделий определяет требования к технологическим свойствам материала (ковкость, литейные свойства, обрабатываемость резанием, свариваемость). Если изделие должно подвергаться термической обработке, следует также учитывать прокаливаемость и закаливаемость.

Приведенные требования накладывают определенные ограничения на выбор материала.

Если они оказываются достаточно жесткими, то возможный выбор ограничивается весьма узкой группой материалов. При жесткости требований выбор становится более широким.

В любом случае, когда возможны различные варианты решения задачи выбора материала, окончательный ответ должен дать экономический анализ вопроса. Исходными данными для этого служат цены материалов. Однако выбор наиболее дешевого материала далеко не всегда будет оптимальным. Экономия также может быть получена за счет следующих факторов.

1. Использование более прочного материала. Это дает возможность уменьшить размер изделия, т.е. позволяет снизить расход материала на единицу готовой продукции. Уменьшение размеров также способствует снижению затрат на транспортирование изделий. Кроме того, появляется возможность повысить мощность и производительность оборудования, изготовленного из более прочных материалов.
2. Применение более технологичного материала, позволяющего применять более экономичные методы изготовления и обработки изделий. При этом экономия может быть получена как непосредственно за счет снижения себестоимости изготовления, так и за счет снижения расхода материала благодаря уменьшению отходов и брака.
3. Применение материалов с более длительным сроком службы, что приводит к повышению долговечности готового изделия.
4. Использование материалов, способных работать в более тяжелых условиях, при более высоких нагрузках, более высоких температурах, в более агрессивной среде. Применение таких материалов при изготовлении различных машин и оборудования позволяет изменить рабочие параметры машин (например, повысить давление или температуру), что приводит к повышению производительности и, соответственно, снижению себестоимости единицы работы или продукции.

Перечисленные факторы связаны, прежде всего, с повышением качества используемого материала. Более качественный материал, как правило, является и более дорогостоящим, так как улучшение качества сопровождается увеличением затрат на производство материала. Правильный выбор материала должен учитываться как экономический эффект от повышения качества, так и увеличение стоимости материала. Для этого производится сравнительный расчет экономической эффективности применения различных материалов, по результатам которого и делается окончательный выбор. Только если увеличение цены перекрывается полученным экономическим эффектом, применение более дорогостоящего материала целесообразно. Методикой определения экономической эффективности здесь не рассматривается, так как является предметом специальных курсов. Приведем некоторые примеры.

Для строительных конструкций могут быть применены как углеродистые, так и низколегированные стали. Низколегированные стали обеспечивают повышение предела

текучести приблизительно в 1.5 раза по сравнению с углеродистыми. Благодаря этому масса конструкций снижается на 20-50%. При этом себестоимость проката из низколегированных сталей на 10-15% выше, чем из углеродистых. Отсюда видно, что себестоимость низколегированных сталей возрастает в меньшей степени, чем достигается экономия из-за увеличения прочности. Но не только этим обусловлена эффективность применения низколегированных сталей. В отличие от углеродистых сталей, они не склонны к хрупким разрушениям при температуре ниже -40 град. Это обеспечивает высокую надежность и долговечность конструкций. Таким образом, применение низколегированных строительных сталей экономически выгодно.

### **Количество часов на практические работы – 24 часа**

### **Практические работы 3 и 4 выполняются в течении 1 часа,**

### **практические работы 1,2, 5-13 -2 часа**

#### **Практическая работа №1**

**Тема «Определение механических характеристик при осевом растяжении стержня из низкоуглеродистой стали»**

**Учебная цель:** определение основных характеристик механических свойств низкоуглеродистой стали: а) прочности – предела текучести  $\sigma_T$  и временного сопротивления  $\sigma_{в}$  б) пластичности – относительного удлинения  $\delta$  и относительного сужения  $\psi$ .

#### **Учебные задачи:**

1. определить предел текучести и временного сопротивления
2. определить относительное удлинения и относительное сужение
3. составить отчет по проделанной работе

#### **Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:**

Студент должен

уметь:

определять основных характеристик механических свойств низкоуглеродистой стали

знать:

методы измерения параметров и определения свойств материалов

#### **Оборудование и оснащение:**

##### **1. Учебно-методическая литература:**

- Ю.Т. Вишневецкий «Материаловедение для слесарей»;
- Ю.П. Солнцев С.А. Вологжанина «Материаловедение».

##### **1. Справочная литература:**

1. Технические средства обучения  
-- мультимедийный проектор

1. Ручка.

1. Карандаш простой

2. Чертежные принадлежности: линейка

### Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практической работы

Для изучения свойств углеродистой стали чаще проводят испытание образцов на осевое растяжение, т.к. при этом напряженное состояние в средней части образца близко к линейному и становится достаточно просто исследовать характеристики прочности и пластичности.

В данной лабораторной работе испытания проводят на разрывной машине Р-20 с возможностью автоматического вычерчивания диаграммы растяжения – графика, связывающего нагрузку и деформацию образца в процессе растяжения до момента разрыва.

Обычно применяют цилиндрические образцы с головками на концах для закрепления их в захватах испытательной машины. Диаметр образцов может составлять от 8 до 20 мм, рабочая длина образца – в 5, 7 или 10 раз больше. Перед испытанием при помощи штангенциркуля измеряют начальный диаметр  $d_0$  и рабочую длину  $l_0$  – расстояние между крайними рисками, заранее нанесенными на образец (см. рис. 1, а) и вычисляют площадь поперечного сечения образца –  $F_0$  в его средней части. Затем образец закрепляют в захватах испытательной машины. К миллиметровой бумаге, установленной на валике или барабане диаграммного механизма, подводится перо записывающего устройства и машина пускается в ход. При автоматическом вычерчивании диаграммы на оси ординат в определенном масштабе получают нагрузки, а на оси абсцисс – удлинение образца в другом масштабе.

В процессе испытания ведут наблюдение за поведением образца, шкалой силоизмерительного устройства и вычерчиваемой диаграммой. Испытания ведут до полного разрушения образца ( см рис. 1, б).

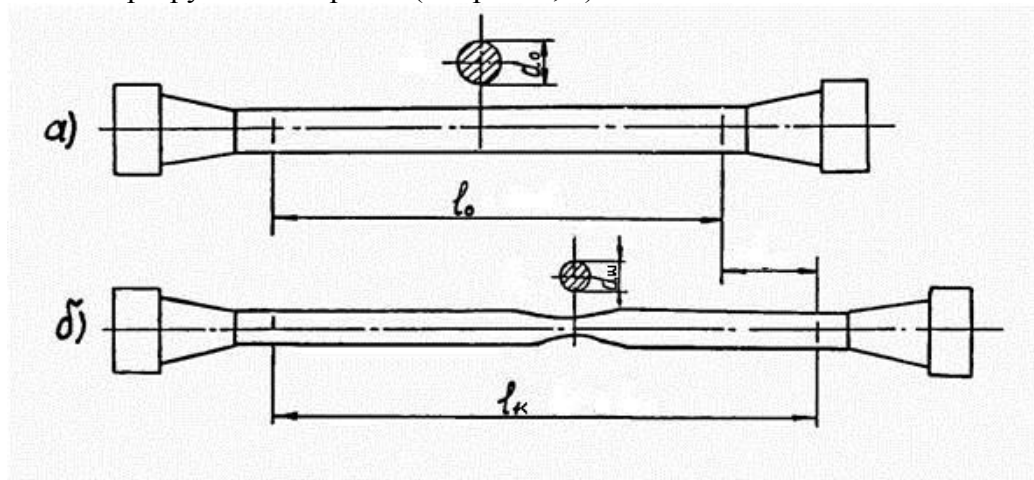


Рис. 1. Образец до (а) и после (б) испытания  
**Диаграмма растяжения**

В процессе испытания вычерчивается диаграмма растяжения образца (рис. 2).

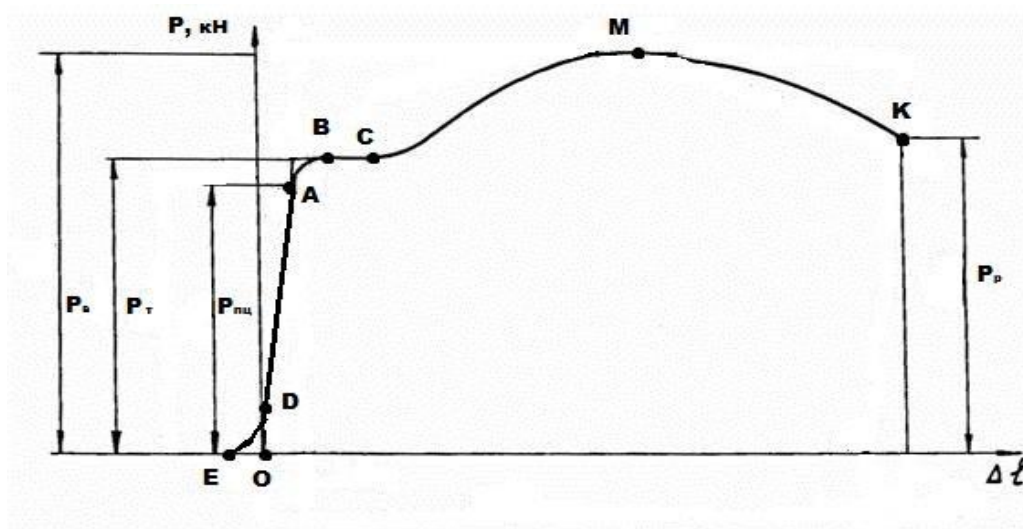


Рис. 2. Диаграмма растяжения

В начале перо самопишущего прибора чертит небольшой криволинейный участок ED, соответствующий обжатию головок образца в захватах машины и устранению зазоров в механизме машины. После начального криволинейного участка диаграммы наблюдается быстрый рост нагрузки, диаграмма идет по наклонной прямой, что соответствует пропорциональности между нагрузкой и удлинением образца. Точка A диаграммы соответствует нагрузке  $P_{пл}$ , разделив которую на начальную площадь сечения  $F_0$ , находят предел пропорциональности  $\sigma_{пл}$ , т.е. то напряжение, после которого нарушается справедливость закона Гука:

$$\sigma_{пл} = \frac{P_{пл}}{F_0}$$

С этого момента деформации начинают расти быстрее нагрузки. На диаграмме появляется криволинейный участок BC, называемый площадкой текучести. Напряжение, при котором материал течет, т.е. деформируется без увеличения нагрузки, называется пределом текучести.

Предел текучести равен:  $\sigma_T = \frac{P_T}{F_0}$

В случае, если явно выраженная площадка текучести отсутствует, т.е. материал не имеет физического предела текучести, рекомендуется определять величину условного предела текучести, рекомендуется определять величину условного предела текучести – как напряжения, соответствующего остаточному удлинению 0,2% от начальной длины  $l_0$ . Откладывая эту величину в соответствующем масштабе на оси абсцисс диаграммы растяжения, проводят наклонную линию, параллельную линии OА до пересечения с кривой растяжения. В результате графически определяют условный предел

текучести:  $\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0}$ .

За площадкой текучести диаграмма опять идет вверх по кривой – нагрузка снова начинает расти в точке М достигает своего наибольшего значения, после чего вновь уменьшается до момента разрыва образца в точке К. наибольшая нагрузка, достигнутая в процессе испытания  $P_a$  называется разрушающей, а условное напряжение, вызванное разрушающей нагрузкой, называется временным сопротивлением (или пределом прочности) материала:

$$\sigma_u = \frac{P_a}{F_0}$$

Напряжение считается условным, т.к. оно вычисляется по отношению к первоначальной площади поперечного сечения образца, уже уменьшившейся к рассматриваемому моменту.

До тех пор, пока нагрузка не достигнет максимального «разрушающего» напряжения, деформации распределяются равномерно во всему образцу. С момента, когда нагрузка станет наибольшей, остаточная деформация приобретает местный характер,

концентрируясь около одного какого – либо участка образца, оказавшегося наиболее слабым. В результате образуется так называемая шейка, т.е. местное сужение поперечного сечения, для дальнейшего растяжения необходима уже меньшая нагрузка. Потому на диаграмме и наблюдается падение нагрузки, продолжающееся вплоть до полного разрушения образца. Истинное же напряжение в материале у шейки, отнесенное не к начальной, а к действительной площади сечения, несмотря на падение нагрузки, все время возрастает.

Расчет конструкции на прочность производят по допустимым напряжениям  $[\sigma]$ , определяемым из условий прочности при статическом нагружении или долговечности при циклическом нагружении. Для пластичных материалов за предельное напряжение принимают Коэффициент запаса прочности может меняться в широких пределах в зависимости от условий работы оборудования и опыта работы с данным материалом: рекомендуемые значения коэффициентов запаса для общего машиностроения составляют:  $n_T = 1,5$  и  $n_B = 2,4$ .

### **Результаты опыта.**

После окончания испытаний образец вынимают из захватов испытательной машины производят измерение диаметра образца у шейки  $d_x$  и длину образца  $l_x$  (см. рис. 1, б). результаты измерений заносят в таблицу 1.

Таблицу 1

Размеры образца:	
до опыта:	после опыта:
$d_0 = \text{мм}$	$d_{ш} = \text{мм}$
$l_0 = \text{мм}$	$l_k = \text{мм}$
$F_0 = \text{мм}^2$	$F_k = \text{мм}^2$

Зная длину образца до и после разрыва, необходимо найти остаточное удлинение образца  $\Delta l = l_k - l_0$ . Выразив остаточное удлинение образца после разрыва в процентах, определяем

одну из характеристик пластичности – относительное удлинение:  $\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\%$

Другой характеристикой пластичности является относительное остаточное изменение площади сечения образца – относительное сужение.

По диаграмме измеряются значения нагрузок, соответствующих временному сопротивлению  $R_B$ , пределу текучести  $R_T$ , пределу пропорциональности  $R_{0.2}$ , разделив полученные значения на первоначальную площадь сечения образца  $F_0$ , определяют величины характеристик прочности  $\sigma_B, \sigma_T, \sigma_{0.2}$ . Затем определяют величину допустимых напряжений в конструкции  $[\sigma]$ .

Все полученные результаты необходимо занести в итоговую таблицу 2.

Таблица 2.

Характеристики прочности
$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\% = \%$ $\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} \cdot 100\% = \%$
Нагрузки, соответствующие:
пределу пропорциональности $R_{пц} =$ пределу текучести $R_T =$ пределу прочности $R_{п} =$ моменту разрыва $R_p =$
Характеристики прочности:

$$\sigma_{\text{пц}} = \frac{P_{\text{пц}}}{F_0} = \text{МПа}$$

$$\sigma_{\text{т}} = \frac{P_{\text{т}}}{F_0} = \text{МПа}$$

$$\sigma_{\text{в}} = \frac{P_{\text{в}}}{F_0} = \text{МПа}$$

### Порядок выполнения отчета по практической работе

Виртуальная работа содержит изображение пресса Р – 20 и диаграммного механизма барабанного типа. При этом стальной цилиндрический образец уже установлен в захватах испытательной машины.

Испытательная машина Р -20 с закрепленным в захватах стержнем запускается при помощи квадратной кнопки «пуск», установленной на корпусе диаграммного аппарата со стрелочным индикатором для определения прилагаемого прессом усилия. Допускается повторное нажатие этой кнопки «стоп» для более детального ознакомления с происходящими изменениями геометрии стержня.

Нажатием кнопки «образец» можно вызвать панель для измерения геометрических параметров стержня, а кнопкой «график» - панель для измерения геометрических параметров диаграммы растяжения ( силовых – Р, кН и связанных с ним поступательных перемещений верхнего захвата пресса – L, мм). Измерения производятся специальными цифровыми линейками, перемещаемыми движением мыши, располагая курсор в активной зоне красного кружочка и нажимая при этом ее левую кнопку. Для повышения точности отсчета следует увеличить масштаб изображения при помощи команды «Zoom In». Меню с командами изменения масштаба вызывается правой кнопкой мыши. Располагая курсор в любом месте экрана.

На панели «Образец» можно наблюдать процесс изменения размеров стержня, образования шейки и самого разрыва. При этом на панель «График» синхронно вычерчивается диаграмма растяжения. Следует отметить , что при каждом новом включении виртуальной лабораторной работы изменение размеров и параметры диаграммы будут отличаться от предыдущих из – за естественного разброса механических характеристик исследуемых образцов.

#### Контрольные вопросы

1. Какими основными свойствами обладают металлы?
2. Назовите основные группы свойств материалов.
3. Что характеризуют механические свойства?
4. Какие свойства определяют работоспособность материала в агрессивных средах?
5. Что характеризует ударная вязкость?

### Практическая работа №2

#### Тема «Определение твердости металла по Бринеллю»

**Учебная цель:** определить твердость металла по Бринеллю

#### Учебные задачи:

1. Произвести испытание на твердость каждого образца металла.
2. Определить твердость каждого образца металла
3. Составить отчет по проделанной работе

## Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Студент должен

уметь:

определять твердость металла.

знать:

методы измерения твердости металла.

## Оборудование и оснащение:

1. Учебно-методическая литература:

- Ю.Т. Вишневецкий «Материаловедение для слесарей»;
- Ю.П. Солнцев С.А. Вологжанина «Материаловедение».

1. Справочная литература:

1. Технические средства обучения

- мультимедийный проектор;
- персональный компьютер

1. Ручка.

5. Карандаш простой

6. Чертежные принадлежности: линейка

## Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практической работы

*Твердость* характеризует сопротивление материала большим пластическим деформациям. Наиболее распространенные методы определения твердости связаны с внедрением в испытуемый материал специального тела, называемого *индентором*, с таким усилием, чтобы произошла пластическая деформация. В материале при этом остается отпечаток индентора, по которому судят о величине твердости. Определение твердости — наиболее распространенный метод исследования свойств материала. Это объясняется рядом причин: определение твердости является неразрушающим методом, так как деталь после такого измерения может быть использована по назначению; испытания на твердость не требуют высокой квалификации; зная твердость, можно судить и о других механических свойствах.

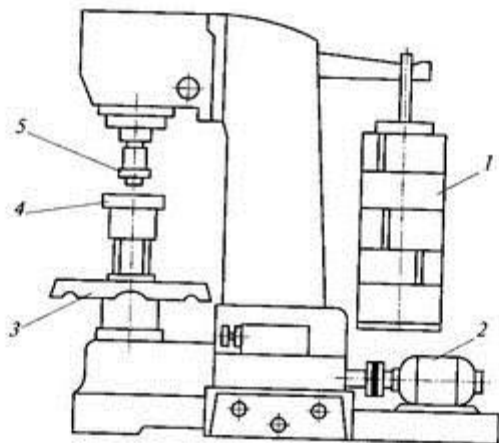


Рис. 3.8. Схема пресса Бринелля:

1 — груз; 2 — электродвигатель; 3 — маховик вращения винта для создания предварительной нагрузки; 4 — установочный стол; 5 — держатель индентора

**Метод Бринелля.** В качестве индентора используется стальной закаленный шарик, который вдавливают в испытуемый образец на специальном прессе (рис.3.8). В результате на поверхности образца образуется отпечаток в виде сферической лунки (рис. 3.9). Диаметр отпечатка измеряют в двух взаимно-перпендикулярных направлениях с помощью микроскопа Бринелля — лупы со шкалой. Число твердости HB, кгс/мм<sup>2</sup>, — это отношение приложенной нагрузки к площади поверхности отпечатка, его вычисляют по формуле  $HB = 2P/D[D - (D^2 - d^2)/4]$ , где  $P$  — прилагаемая нагрузка;  $D$  и  $d$  — соответственно диаметр шарика и отпечатка.

На практике пользуются таблицей, в которой указаны значения твердости в зависимости от диаметра отпечатка. Диаметр шарика и нагрузку выбирают так, чтобы соблюдалось соотношение  $d = (0,25 \dots 0,5)D$ , т.е. для разных материалов эти параметры различны. При диаметре индентора 10 мм, нагрузке 3000 кгс (29430 Н) и времени выдержки под нагрузкой 10 с твердость обозначается только цифрами и латинскими буквами, например 200 HB. Эти условия приняты для определения твердости сталей и чугунов. При изменении условий испытаний помимо значений твердости указываются диаметр шарика, усилие и время выдержки под нагрузкой. Например, 185 HB/5/750/20, здесь 5 — диаметр шарика в мм, 750 — нагрузка в кгс (7 350 Н), 20 — время выдержки под нагрузкой в с.

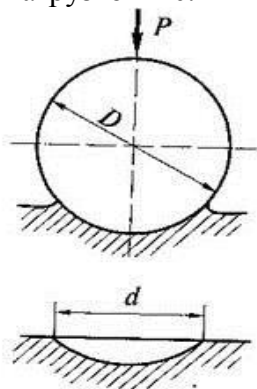


Рис. 3.9. Схема определения твердости по Бринеллю:

$P$  — нагрузка

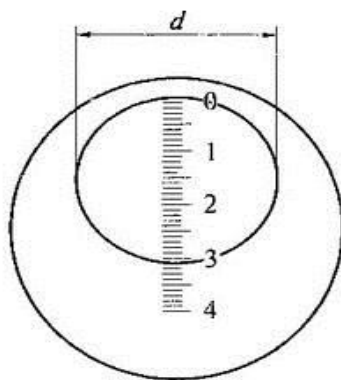


Рис. 3.10. Измерение диаметра отпечатка лупой Бринелля

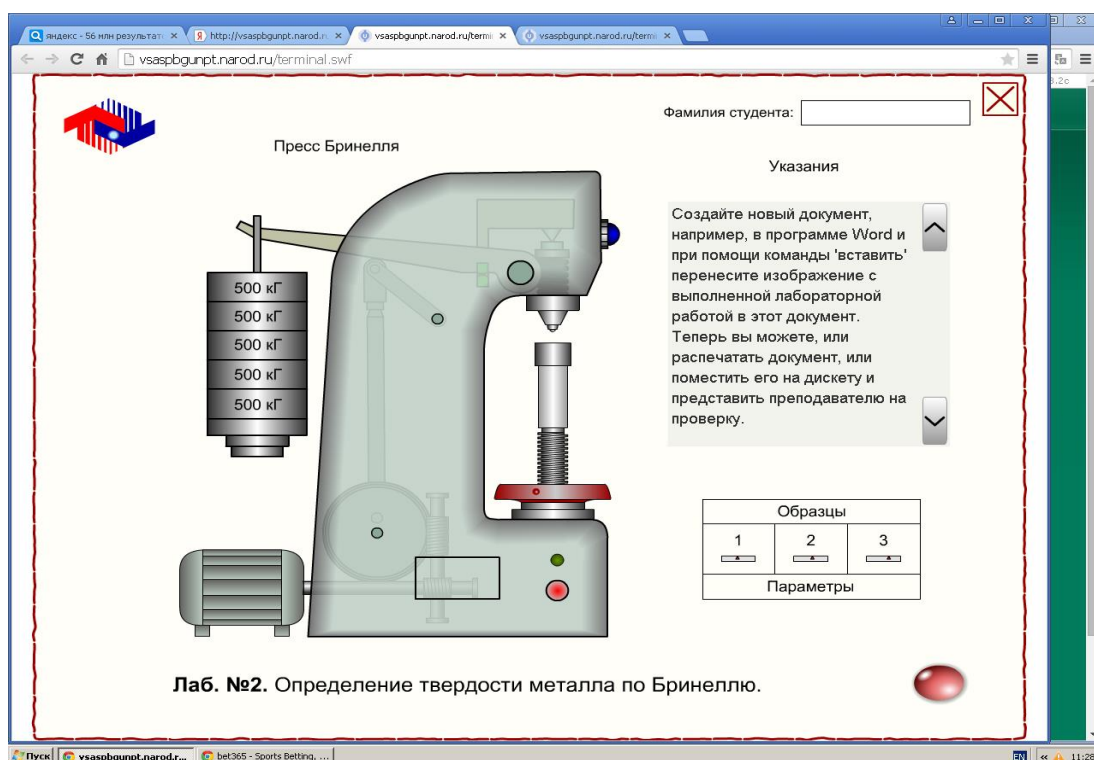
Метод Бринелля не является универсальным. Он не позволяет испытывать материалы с твердостью более 450 HB (может деформироваться шарик), а также образцы толщиной менее десятикратной глубины отпечатка.

Между твердостью по Бринеллю и пределами прочности и текучести соблюдаются следующие примерные соотношения: для стали HB/3, HB/6; для алюминиевых сплавов 0,362 HB; для медных сплавов 0,26 HB

### Инструкция по выполнению практической работы

1. Ознакомьтесь с инструкцией, наводя курсор на слово «Лаб. №2».
2. Нажмите кнопку «Параметры» и на панели для измерения диаметров отпечатков измерьте размеры испытуемого образца при помощи измерительных линеек по оси X и Y. Закройте панель кнопкой «Заккрыть»
3. Наведите курсор на один из образцов, затем перенесите образец на верхнюю площадку винта пресса. Сорентируйте образец так, чтобы вертикальная ось совпала с предполагаемым местом отпечатка.
4. Вращением маховика пресса поднимите винт с образцом вверх до упора.
5. Нажмите круглую кнопку «Пуск»

6. Зеленый индикатор сигнализирует о включенном механизме пресса, синий определяет время приложения максимальной нагрузки к образцу. Увеличьте масштаб и наблюдайте процесс выдавливания отпечатка.
7. После выключения зеленого индикатора, вращением маховика пресса опустите винт с образцом на расстояние видимого разрыва с шариком. Передвиньте образец в новое положение, снова поднимите винт с образцом до упора и нажмите круглую кнопку «Пуск» пресса. Наблюдайте процесс выдавливания второго отпечатка.
8. Повторите выполнение п.7 (создайте третий отпечаток). После включения зеленого сигнала маховика пресса опустите винт с образцом на расстояние видимого разрыва с шариком и переместите его на исходное место, затем последовательно повторите опыт с оставшимися двумя образцами.
9. Получите таким образом 9 отпечатков и через кнопку «Параметры» переходите к процессу измерения диаметров отпечатков.
10. При помощи специальных линеек по горизонтали и по вертикали усредните результат по каждому отпечатку и затем по трем отпечаткам данного образца. Запишите полученные данные в таблицу и переходите к расчету твердости образцов.
11. Внесите вашу фамилию в специальную строчку, расположенную справа вверху экрана, и при помощи клавиши 'SysRq' скопируйте изображение лабораторной работы с измеренными значениями работы разрушения в системный карман (буфер обмена) вашего компьютера. Создайте новый документ, например, в программе Word и при помощи команды 'вставить' перенесите изображение с выполненной лабораторной работой в этот документ. Теперь вы можете, или распечатать документ, или поместить его на дискету и представить преподавателю на проверку.



### Порядок выполнения отчета по практической работе

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Произвести все измерения
3. Ответить на контрольные вопросы

## Контрольные вопросы

1. Что называется твёрдостью материала?
2. Сущность метода измерения твёрдости по Бринеллю.
3. Как обозначается и чему численно равна твёрдость по Бринеллю?
4. Количественная связь между твердостью и пределом прочности металлов
5. Какова должна быть толщина образца при определении твердости методом Бринелля.

## Практическая работа №3

### Тема «Определение твердости металла методом Роквелла»

**Учебная цель:** определить твердость металла методом Роквелла

#### Учебные задачи:

1. Произвести испытание на твердость каждого образца металла.
2. Определить твердость каждого образца металла
3. Составить отчет по проделанной работе

#### Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Студент должен

уметь:

определять твердость металла.

знать:

методы измерения твердости металла.

#### Оборудование и оснащение:

1. Учебно-методическая литература:

- Ю.Т. Вишневецкий «Материаловедение для слесарей»;
- Ю.П. Солнцев С.А. Вологжанина «Материаловедение».

1. Справочная литература:

1. Технические средства обучения

- мультимедийный проектор;
- персональный компьютер

1. Ручка.

2. Карандаш простой

3. Чертежные принадлежности: линейка

#### Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практической работы

**Метод Роквелла.** Принципиальное отличие этого метода от рассмотренного ранее заключается в том, что твердость определяется не площадью поверхности отпечатка индентора, а глубиной его проникновения в исследуемый образец. В качестве индентора

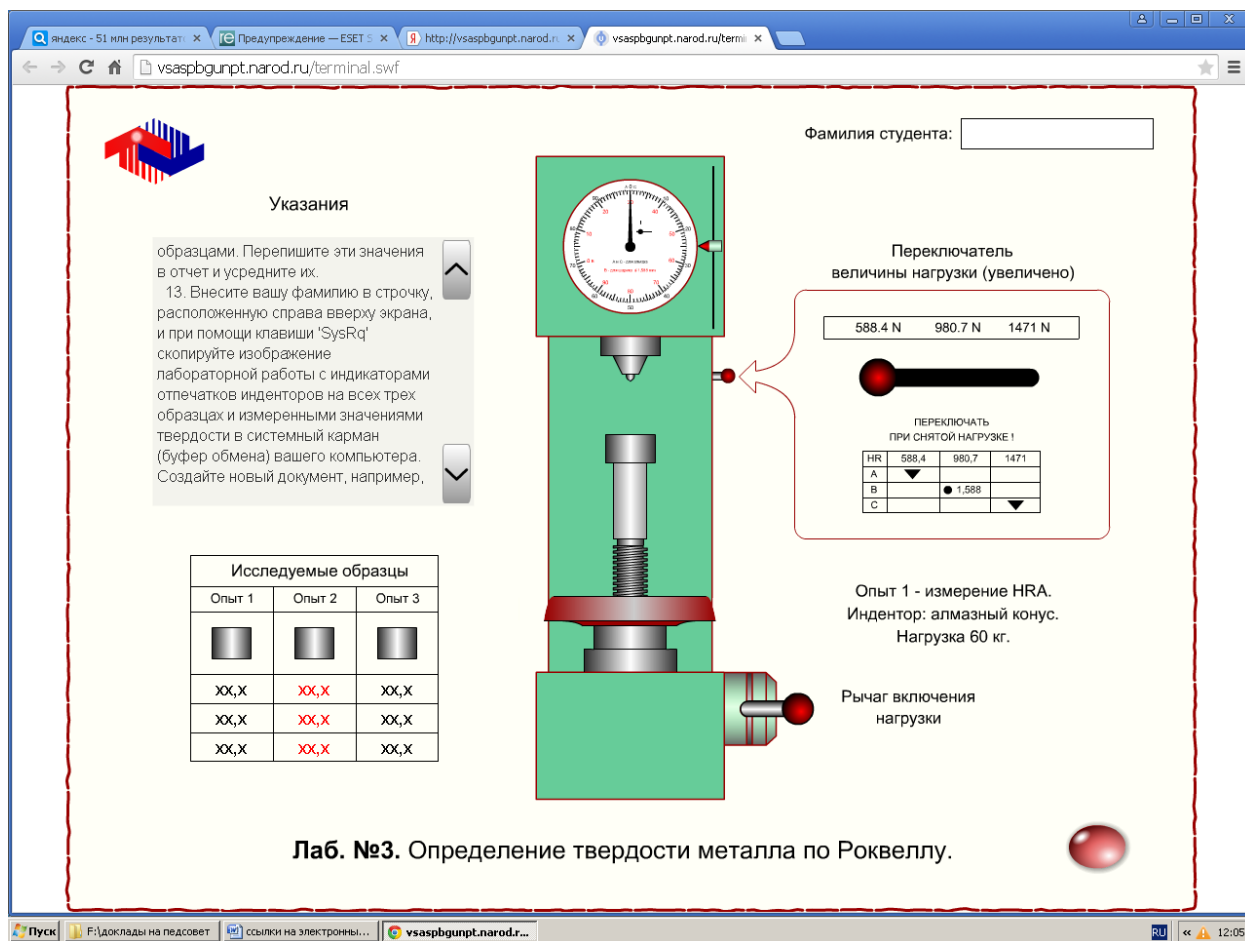
используют алмазный конус при испытаниях твердых материалов и стальной закаленный шарик при испытаниях мягких материалов. Нагрузка при использовании алмазного конуса устанавливается 60 кгс (500 Н) или 150 кгс (1400 Н) в зависимости от твердости материала — большая для менее твердых материалов (например, закаленных сталей), меньшая для материалов с очень высокой твердостью (твердых сплавов, режущей керамики), с тем, чтобы избежать скола алмаза. Стальной шарик вдавливают с нагрузкой 100 кгс (900 Н).

Испытания выполняются на специальном приборе, имеющем черную (С) и красную (В) шкалы. Шкала С используется при испытаниях с помощью алмазного конуса при нагрузке 60 и 150 кгс, шкала В — для шарика с нагрузкой 60 кгс. Числа твердости обозначаются: HRC — алмазный конус, нагрузка 150 кгс; HRA — алмазный конус, нагрузка 60 кгс; HRB — стальной шарик, нагрузка 100 кгс. Число твердости в единицах HRC примерно в 10 раз меньше, чем в единицах HB, т.е. твердость 30 HRC примерно соответствует 300 HB. Между значениями твердости по шкалам С и А имеется следующая зависимость:  $HRC = 2HRA - 104$ .

### **Инструкция по выполнению практической работы**

1. Ознакомьтесь с краткой инструкцией.
2. Для перехода к выполнению лабораторной работы выберите одну из предложенных шкал с допустимыми пределами измерения твердости HRA, HRB, HRC.
3. Выберите диапазон измерений виртуального механизма (номер опыта). Для этого воспользуйтесь переключателем величины нагрузки.
4. Наведите курсор на образец для выбранного варианта измерения (HRA, HRB, HRC), нажмите и удерживайте при этом левую клавишу мыши, затем перенесите образец на верхнюю площадку винта пресса. Сорентируйте образец так. Чтобы вертикальная ось, проходящая через центр индентора, совпала с местом для измерения твердости.
5. Вращением маховика пресса поднимите винт с образцом вверх до упора. Вращение следует проводить равномерными, спокойными движениями мыши. Точное совмещение большой стрелки с началом шкалы микрометра проводите с помощью ползунка для вращения шкалы. При этом увеличьте масштаб экранного изображения.
6. Нажмите круглую рукоятку включения нагрузки пресса. Убедитесь в появлении треугольного индикатора отпечатка на исследуемом образце. Для повышения точности определения твердости сделайте паузу 15 сек.
7. Вновь нажмите круглую рукоятку для отключения нагрузки пресса.
8. После снятия нагрузки большая стрелка микрометра покажет искомое значение твердости исследуемого образца по соответствующей шкале. Внесите измеренное значение в соответствующую ячейку таблицы с исследуемыми образцами.
9. Вращением маховика пресса опустите винт с образцом вниз до видимого отрыва от индентора.
10. Переместите образец так. Чтобы вертикальная ось, проходящая через центр индентора, совпала со следующим местом для измерения твердости.
11. Повторите манипуляции с п.4 по п.8 еще 2 раза. Так чтобы получить три значения измеренной твердости данного образца.
12. Повторите те же действия по измерению твердости двух оставшихся образцов. Внесите измеренные значения в соответствующие ячейки таблицы с образцами. Перепишите эти значения в отчет и усредните их.
13. Внесите вашу фамилию в специальную строчку, расположенную справа сверху экрана, и при помощи клавиши 'SysRq' скопируйте изображение лабораторной работы с измеренными значениями работы разрушения в системный карман (буфер обмена) вашего компьютера. Создайте новый документ, например, в программе Word и при помощи

команды 'вставить' перенесите изображение с выполненной лабораторной работой в этот документ. Теперь вы можете, или распечатать документ, или поместить его на дискету и представить преподавателю на проверку



### Порядок выполнения отчета по практической работе

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Произвести все измерения
3. Ответить на контрольные вопросы

#### Контрольные вопросы

1. Сущность метода измерения твёрдости по Роквеллу.
2. Типы инденторов, применяемых при измерении твёрдости по Роквеллу?
3. Последовательность приложения нагрузок и измерения твёрдости по Роквеллу.
4. По каким шкалам производится отсчёт при вдавливании алмазного наконечника и стального шарика, соответственно?
5. Как обозначается твёрдость по Роквеллу, измеренная по шкале А, В и С?

### Практическая работа №4

#### Тема «Определение ударной вязкости материалов»

**Учебная цель:** Изучение методики определения ударной вязкости конструкционных сталей при испытании стандартных образцов на маятниковом копре.

### Учебные задачи:

1. определить ударную вязкость
2. составить отчет о проделанной работе

### Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Студент должен

уметь: определять ударную вязкость материалов

знать: методы измерения ударных испытаний

### Оборудование и оснащение:

1. Учебно-методическая литература:

- Ю.Т. Вишневецкий «Материаловедение для слесарей»;
- Ю.П. Солнцев С.А. Вологжанина «Материаловедение».

2. Справочная литература:

3. Технические средства обучения: персональный компьютер

4. Ручка.

5. Карандаш простой

6. Чертежные принадлежности: линейка

### Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практической работы

При эксплуатации различные детали и конструкции часто подвергаются ударным нагрузкам.

Среди многочисленных методов ударных испытаний наиболее широкое практическое применение нашел метод испытания на ударный изгиб с измерением величины ударной вязкости. Эта характеристика механических свойств играет огромную роль при оценке служебных свойств конструкционных, а также инструментальных сталей.

Вязкость противоположна хрупкости. Это способность материала сопротивляться разрушению, поглощая энергию удара. Например, стекло хрупкое, потому что оно не способно поглощать энергию за счет пластической деформации. При столь же резком ударе по листу мягкого алюминия не возникают большие напряжения, так как алюминий способен к пластической деформации, поглощающей энергию удара.

Удельной ударной вязкостью  $a$  материала называют отношение работы  $\Delta W_F$ , затраченной маятником на разрушение стандартного образца к площади его поперечного сечения  $A$  в месте излома.

$$a = \frac{\Delta W_F}{A} \left[ \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^2} \right] \quad (1)$$

В процессе эксплуатации деталей могут возникнуть внешние факторы, под воздействием которых материал становится хрупким:

1. увеличение скорости деформирования (возникновение ударных нагрузок);
2. понижение температуры;
3. возникновение двухосного и трехосного напряженных состояний;
4. образование концентраторов напряжений – надрезов, раковин, трещин и т. д.

Чем больше величина ударной вязкости, тем лучше материал сопротивляется динамической нагрузке. Образцы из хрупких материалов ломаются легко, с небольшой затратой работы на разрушение. Образцы из пластичных материалов наоборот – требуют

на разрушение большей энергией. Материалы, требующие большой затраты энергии на излом называют вязкими. Все материалы, из которых изготавливают детали, воспринимающие динамические нагрузки, обязательно испытывают на удар. Величина ударной вязкости очень сильно зависит от температуры. По мере понижения температуры ударная вязкость образцов из одного и того же материала уменьшается. У некоторых материалов существует температурный интервал, в котором удельная ударная вязкость резко меняет свое значение. Этот интервал называется температурным интервалом хрупкости. Чем больше смещен температурный интервал хрупкости в сторону низких температур, тем материал менее чувствителен к воздействию температуры при ударных нагрузках и тем более он надежен в работе.

Изменение формы образца также сказывается на величине ударной вязкости. Переход к более широким образцам и к образцам с более острым надрезом смещает температурный интервал в сторону более высоких температур. На образцах из металлов всегда создается надрез - концентратор напряжений.

Склонность стали к хрупкому разрушению, возрастает также при повышенном содержании фосфора, концентрирующегося по границам зерен, при крупнозернистой структуре, при наличии карбидов по границам зерен, полосчатости, т.е. под влиянием целого ряда внутренних, структурных факторов.

Определение ударной вязкости при динамических испытаниях на ударный изгиб является основным практическим методом оценки склонности стали к хрупкому разрушению, которое, в отличие от вязкого, происходит без заметной пластической деформации и развивается катастрофически быстро.

Охрупчивание стали при некоторых условиях отпуска называется *отпускной хрупкостью*.

Понижение ударной вязкости при этом вызвано повышением температуры перехода в хрупкое состояние. Наблюдаются два вида отпускной хрупкости. Отпускная хрупкость первого рода (необратимая) и отпускная хрупкость второго рода (обратимая), определяемые путем испытаний на ударный изгиб при комнатной температуре.

Ударная вязкость в зависимости от температуры отпуска меняется немонотонно (рис. 1).

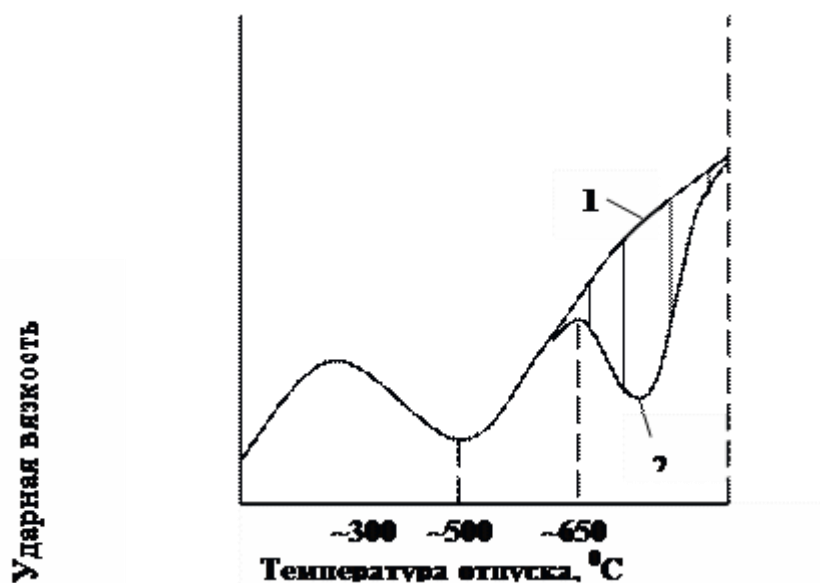


Рис.1. Зависимость ударной вязкости стали от температуры отпуска

С помощью испытаний на ударный изгиб выявляются такие дефекты как синеломкость, хладноломкость, обратимая и необратимая отпускная хрупкость и т. п.

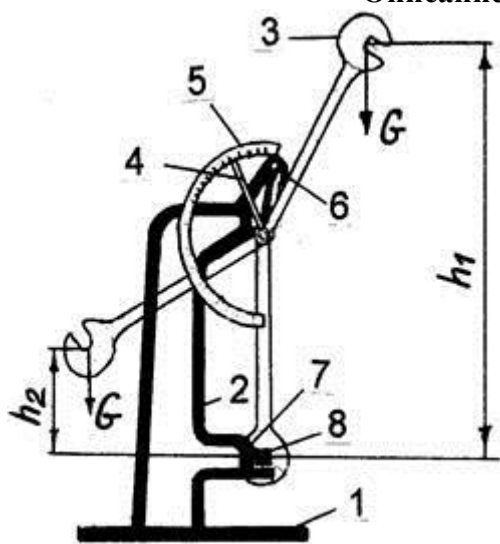
Ударные испытания выявляют такие различия между материалами, которые не отражаются при обычных (статических) испытаниях гладких образцов.

На величине ударной вязкости часто сказывается и способ выплавки стали: электросталь имеет наибольшую, бессемеровская – наименьшую, мартеновская – промежуточную величину ударной вязкости.

Ударная вязкость в значительной мере отражает состояние поверхности образца, т. к. распределение деформации в образце неравномерно и часто бывает сосредоточено, в основном, в поверхностных слоях. Наличие твердых поверхностных слоев понижает ударную вязкость, а мягкие поверхностные слои повышают ее.

Наиболее простым из методов практического массового контроля является метод ударных испытаний при 20 °С на маятниковых копрах. На результатах определения ударной вязкости сказывается и скорость маятника в момент удара.

#### Описание установки для испытаний.



Испытание на ударную вязкость проводится на маятниковом копре ХР-05, схема которого показана на рис. Копер состоит из массивного основания 1 с двумя вертикальными стойками 2. К верхней части этих стоек на горизонтальной оси подвешен маятник 3, представляющий собой плоский стальной диск с вырезом. Кроме того, на оси маятника установлена стрелка 4, напротив которой к стойке 2 прикреплена шкала 5 для отсчета затрат энергии на разрушение образца. Для фиксации маятника в исходном верхнем положении предусмотрена защелка 6.

На стойках 2 предусмотрены опоры 7 для установки образцов 8 из испытуемого материала. Расстояние между опорами 7 регулируется в пределах от 40 до 70 мм (см. рис.3, а). Для образцов толщиной 5 мм и менее, расстояние между опорами 7 принимают  $40 \pm 0,2$  мм, а для образцов толщиной более 5 мм –  $70 \pm 0,2$  мм.

При проведении испытаний маятник 3 поднимают вверх и фиксируют защелкой 6. Стрелку 4 устанавливают на нуль, а на опоры 7 помещают испытуемый образец 8. Затем, повернув защелку 6, отпускают маятник 3, который при своем падении разрушит образец и двигаясь далее, переместит стрелку 4 по шкале 5, на которой считывают величину энергии, сохраненной маятником после разрушения образца. Образец устанавливают на нижних опорах копра симметрично относительно опор и так, чтобы надрез был обращен в сторону, противоположную направлению удара.

Образцы для испытаний на ударную вязкость изготавливают механической обработкой из листов, плит или стержней; а также прессованием; или литьем под давлением. При испытании листовых и слоистых материалов толщиной менее 10 мм ширину поперечного сечения образцов принимают равной толщине этих листов. На образцах следует указать направление, соответствующее длине листа или плиты, из которых изготовлены эти образцы, так как механические свойства пластмасс в различных направлениях неодинаковы.

При динамических испытаниях закон подобия не действует. Поэтому здесь необходима жесткая унификация размеров образцов и условий проведения испытания.

Широкое применение нашли испытания при пониженных температурах, разработанные Н.Н. Давиденковым, так называемые “сериальные испытания”.

Нецелесообразно применять ударные испытания и для чугунов, литых алюминиевых и магниевых сплавов, т. к. сопротивление отрыву этих материалов достигается уже при статических нагрузках.

Таким образом, испытания на ударный изгиб являются одним из наиболее чувствительных методов контроля, чутко реагирующих на небольшие изменения состояния металла.

Ударные испытания являются ценным, а иногда необходимым дополнением к статическим испытаниям гладких образцов, главным образом для низко- и среднеуглеродистых сталей.

Ударная вязкость — это сложная, комплексная характеристика, зависящая от совокупности прочностных и пластических свойств материала.

### **Инструкция по выполнению практической работы**

1. Ознакомьтесь с краткой инструкцией для выполнения лабораторной работы
2. Нажмите кнопку 'Исследуемые образцы' и на панели для измерения геометрических параметров измерьте размеры типового образца при помощи измерительных линеек по оси X и по оси Y. Запишите результаты. Закройте панель кнопкой 'Заккрыть'.
3. Наведите курсор на маятник и, нажимая и удерживая левую кнопку мыши, переместите маятник на угол зарядки 25 граусов.
4. Перенесите один из образцов из таблицы на площадку для разрушения.
5. Переместите маятник на угол зарядки 130 градусов.
6. Поместите курсор в зону красного круга связанного со стрелкой и, нажимая и удерживая левую кнопку мыши, установите стрелку на ноль.
7. Нажмите красную кнопку защелки и наблюдайте процесс разрушения образца.
8. По завершении колебаний маятника снимите показания стрелки (максимальный угол вылета маятника после удара) и запишите результат в соответствующую ячейку таблицы.
9. Нажмите кнопку 'Тарировочный график' и на панели для измерения работы разрушения 'К' найдите искомую величину работы по углу максимального вылета. Закройте панель кнопкой 'Заккрыть'. Запишите результат в соответствующую ячейку таблицы.
10. Переместите маятник на угол зарядки 25 градусов и удалите разрушенные части образца в соответствующую ячейку таблицы.
11. Перенесите следующий образец на площадку для разрушения.
12. Повторите манипуляции с 5-го по 10-й пункт.
13. В том же порядке исследуйте процесс разрушения третьего образца.
14. Внесите измеренные значения в соответствующие ячейки таблицы с образцами. Перепишите эти значения в отчет и определите ударную вязкость как отношение работы разрушения 'К' к начальной площади поперечного сечения образца в месте надреза:  $KCV = K / F$ .
15. Внесите вашу фамилию в специальную строчку, расположенную справа вверху экрана, и при помощи клавиши 'SysRq' скопируйте изображение лабораторной работы с измеренными значениями работы разрушения в системный карман (буфер обмена) вашего компьютера. Создайте новый документ, например, в программе Word и при помощи команды 'вставить' перенесите изображение с выполненной лабораторной работой в этот документ. Теперь вы можете, или распечатать документ, или поместить его на дискету и представить преподавателю на проверку.

## **Порядок выполнения отчета по практической работе**

1. Произвести испытания образцов
2. Данные занести в таблицу
3. Определить ударную вязкость как отношение работы разрушения 'K' к начальной площади поперечного сечения образца в месте надреза:  $KCV = K / F$ .
4. Ответить на контрольные вопросы

### **Контрольные вопросы**

1. В каких случаях проводятся испытания на ударную вязкость?
2. Какие существуют методы определения работы удара?
3. Что такое удельная ударная вязкость?
4. В каких единицах измеряется удельная ударная вязкость?
5. Какие факторы влияют на величину ударной удельной вязкости?
6. О каких свойствах материала судят по величине ударной удельной вязкости?
7. Как влияет на ударную вязкость содержание в металле углерода и фосфора?
8. Что понимают под температурным интервалом хрупкости?
9. В чем состоит принцип работы маятникового копра?
10. Какие материалы подвергаются испытаниям на ударную вязкость?

## **Практическая работа №5**

### **Тема «Построение диаграммы состояния системы Pb – Sb»**

**Учебная цель:** построить диаграммы состояния системы Pb – Sb

**Учебные задачи:**

1. определить кривые охлаждения сплавов
2. построить диаграммы состояния системы Pb – Sb
3. составить отчет по проделанной работе

### **Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:**

Студент должен

уметь:

определять свойства и структуру сплавов

знать:

характеристики механических свойств низкоуглеродистой стали

### **Оборудование и оснащение:**

1. Учебно-методическая литература:

- Ю.Т. Вишневецкий «Материаловедение для слесарей»;
- Ю.П. Солнцев С.А. Вологжанина «Материаловедение».

1. Справочная литература:

2. Технические средства обучения
  - мультимедийный проектор
  - персональный компьютер

1. Ручка.

2. Карандаш простой

### 3. Чертежные принадлежности: линейка

#### **Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практической работы**

Плавление и кристаллизации вещества являются фазовым переходом первого рода и для чистых веществ плавление характеризуется определенной температурой, являющейся константой данного вещества.

В противоположность чистым веществам, многокомпонентные смеси кристаллизуются не при одной температуре, а в некотором интервале температур. Поэтому плавление и кристаллизация сплава данной концентрации характеризуется температурами начала и конца кристаллизации, которые сильно зависят от состава сплава.

Для суждения о зависимости температуры кристаллизации расплавов от их состава результаты измерений удобно представить в виде диаграммы состояния. Диаграмма состояния есть графическое изображение изменения равновесного состояния сплавов в зависимости от температуры и концентрации. Очевидно, что внешний вид диаграммы состояния различен для различных комбинаций веществ и будет определяться характером взаимодействия между компонентами сплава.

Простейший вид диаграмма состояния имеет в том случае, когда вещества обладают неограниченной растворимостью как в жидкой, так и в твердой фазе. Таким свойством обладают системы Cu-Ni ; Ag-Au; Bi-Sb и др. Диаграмма состояния таких сплавов (типа сигары) приведена на рис. 1, где по оси ординат нанесены температуры, а по оси абсцисс - концентрации.

Линия а NKb называется линией ликвидуса, линия а MLb - линией солидуса. Выше линии ликвидуса имеется однородная жидкость. Ниже линии солидуса - однородный твердый раствор. Заштрихованная область является областью расслоения на жидкую и твердую фазы. При построении кривой охлаждения сплава концентрации С видно, что она имеет две критические точки К и М (рис. 2), соответствующие началу и концу затвердевания соответственно.

Изменение наклона кривых указывает на наличие температурного интервала, в котором происходит выделение теплоты кристаллизации, в отличие от чистого компонента, у которого выделение теплоты кристаллизации происходит при одной строго определенной температуре.

В том случае, когда вещества обладают неограниченной растворимостью в жидкой фазе и совсем не растворяются друг в друге в твердой (Bi-Cd; Ag-Pb), они образуют диаграмму с наличием эвтектики (рис. 3). На диаграмме точками а и b обозначены температуры затвердевания чистых веществ А и В. Линия аEb - температуры начала кристаллизации в зависимости от состава смеси (линия ликвидуса). Точка Е, в которой пересекаются обе кривые кристаллизации, называется эвтектической точкой, а кристаллы, выделяющиеся в ней, называются эвтектикой. рис. 3

Эвтектика представляет собой мелкодисперсную смесь кристаллов чистых компонент.

И, наконец, вещества, обладающие неограниченной растворимостью в жидкой и частичной растворимостью в твердой фазе, образуют диаграмму, представленную на рис. 4.

рис.4

рис.5

К таким комбинациям относятся Pb-Bi; Bi-Sn; Pb-Sb.

Для других комбинаций веществ вид диаграмм состояния может быть значительно сложнее.

Рассмотрим процесс затвердевания сплава концентрации веществ, дающих чисто эвтектическую диаграмму состояния (рис. 3).

Кривая, есть кривая изменения температуры начала кристаллизации вещества А в зависимости от его концентрации в расплаве. Поэтому ордината точки М есть температура, при которой из данного расплава начинают выделяться кристаллы вещества А в чистом виде. По мере выпадения кристаллов А расплав становится богаче веществом В, а следовательно выделение кристаллов А должно происходить при более низкой температуре, чем; действительно, одновременно с кристаллизацией вещества А температура расплава понижается.

Когда температура расплава достигнет эвтектической температуры (точка N), а концентрация сплава, соответственно концентрации эвтектического сплава (), начинается затвердевание эвтектики. В процессе затвердевания сплава эвтектической концентрации температура не изменяется.

Кривая зависимости температуры охлаждающегося расплава концентрации от времени представлена на рис.5.

рис.6

рис.7

Таким образом, кристаллизация сплава начинается при температуре тем более низкой, чем ближе концентрация сплава к эвтектической, и заканчивается при эвтектической температуре. На основании сказанного видно, что для веществ, имеющих чисто эвтектическую диаграмму состояния, линией солидуса является линия KNEЛ (рис.3).

Для веществ с ограниченной растворимостью кривые охлаждения сплавов концентраций и (см. рис. 4) представлены, на рис.6.

Цель работы состоит в построении диаграммы состояния системы Pb-Sn и определении эвтектической точки.

Хотя диаграмма состояния сплава Pb-Sn и не принадлежит к числу чисто эвтектических (эти вещества обладают небольшой взаимной растворимостью, диаграмма типа рис.4), рабочие концентрации выбраны так, что построение диаграммы для простоты можно вести так же, как и эвтектической.

### **Выполнение работы.**

Для построения диаграммы термическим методом нужно получить кривые охлаждения чистых металлов Pb и Sn и ряда их сплавов.

В расплавленный и немного подогретый металл погружается термopара, подключенная к милливольтметру. Через определенные (15-30 сек) промежутки времени записываются показания милливольтметра. Охлаждение чистого металла идет согласно кривой охлаждения, изображенной на рис. 7, где - начальная температура металла, - температура затвердевания металла.

При понижении температуры от к показания прибора монотонно уменьшаются. В промежутке времени показания прибора остаются неизменными, а затем опять начинают уменьшаться.

Показание милливольтметра в момент остановки и будет соответствовать температуре затвердевания. При охлаждении сплавов, как было сказано выше, кривая может иметь несколько критических точек (рис. 5,6), которые определяются по месту изменения наклона на кривой охлаждения.

По полученным критическим точкам строится диаграмма состояния свинец – олово и находится эвтектическая точка.

Диаграмма строится следующим образом: по оси абсцисс откладывается процентное содержание исследуемых сплавов, а на ординаты, соответствующие этим сплавам, наносятся найденные критические температуры. Полученные точки соединяются плавными линиями. Минимум кривой дает эвтектическую точку. При небольших разбросах температуры окончания затвердевания исследованных сплавов эта температура находится как среднее арифметическое.

**Задания для практического занятия :**

<b>Сплав:</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Sb	<b>0</b>	<b>35</b>	<b>62</b>	<b>80</b>	<b>100</b>
Pb	<b>100</b>	<b>65</b>	<b>38</b>	<b>20</b>	<b>0</b>

1. Построить кривую охлаждения «своего» сплава
2. На кривых охлаждения всех сплавов определить и обозначить температуры
3. По построенной диаграмме начертить график охлаждения сплава (20% Sb +80%Pb)
4. Ответить на контрольные вопросы

**Контрольные вопросы**

1. Для чего нужна диаграмма состояния сплавов
2. Как строят диаграмму состояния
3. Что видно по кривым охлаждения сплава
4. Назовите линии диаграммы сплавов
5. Выберите по построенной диаграмме химический состав сплава, который будет наилучшим припоем

**Практическая работа №6****Тема «Расшифровка марок железоуглеродистых сплавов»**

**Учебная цель:** расшифровать буквы и цифры марок железоуглеродистых сплавов.

**Учебные задачи:**

1. расшифровать марки железоуглеродистых сплавов.
2. указать свойства расшифрованных марок железоуглеродистых сплавов, их основное применение
3. составить отчет по проделанной работе

**Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:**

Студент должен

**уметь:**

по марке определять основные физические и технологические свойства железоуглеродистых сплавов.

**знать:**

классификацию чугунов, сталей, предпочтительное применение в зависимости от механических и химических свойств.

**Оборудование и оснащение:**

1. Ручка.
1. Карандаш простой
1. Чертежные принадлежности: линейка

## Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практической работы

### Железоуглеродистые сплавы

Чугун и углеродистая сталь являются наиболее распространенными среди железоуглеродистых сплавов. Чугуном называется сплав железа с углеродом, содержащий более 2 % углерода. Наибольшее распространение получили чугуны с содержанием углерода от 2,8 до 3,5 %. Кроме углерода в чугунах содержатся кремний и марганец, а также вредные примеси — сера и фосфор. Чугуны могут быть белыми, серыми, ковкими и высокопрочными. Отличительной особенностью каждой группы чугунов является химическое состояние углерода (связан в цементит или свободен) и форма графитных включений. В белом чугуне весь углерод находится в химически связанном состоянии в виде цементита. Он очень тверд, практически не поддается обработке резанием, в связи с чем его применение весьма ограничено.

В сером чугуне весь углерод или значительная его часть находится в свободном состоянии в виде графита. Он обладает более низкой температурой плавления, чем углеродистая сталь, лучше заполняет формы сложной конфигурации благодаря высокой жидкотекучести. Хорошо поддается обработке резанием. В ковком чугуне углерод полностью или частично входит в состав включений углерода отжига. Получается путем термической обработки белого чугуна. Является хорошим заменителем стального фасонного литья.

В высокопрочном чугуне углерод образует шаровидные включения графита, которые в меньшей степени, чем включения любой формы, ослабляют металлическую основу, и прочность чугуна получается высокой. При шаровидной форме графита серый чугун обладает пластичностью и ударной вязкостью более высокой, чем у лучших перлитных чугунов с чешуйчатым графитом. В высокопрочном чугуне сочетаются высокие механические свойства стали и технологические качества серого чугуна. Литейные свойства его высоки, он легче обрабатывается резанием. Углеродистые стали — это сплавы железа с углеродом, содержащие углерода до 2 %. Кроме углерода эти стали содержат до 0,3 % марганца, до 0,4 % кремния, а также до 0,05 % серы и до 0,045 % фосфора. Широкое применение находят низкоуглеродистые стали, содержащие до 0,25 % углерода. Они хорошо поддаются обработке давлением, гибке и правке в горячем и холодном состоянии, хорошо свариваются. Кроме того, они обладают удовлетворительными механическими свойствами: хорошо воспринимают динамические нагрузки, достаточно прочны при температурах до 450 °С. Эти стали самые дешевые и наименее дефицитные. Способы выплавки стали оказывают существенное влияние на механические свойства и качество готовых изделий.

Основная часть стали выплавляется в мартеновских печах. Продувкой в бессемеровском конвертере получают углеродистую сталь с содержанием углерода до 0,5 %. При одинаковом содержании углерода бессемеровская сталь имеет более высокую прочность и твердость, чем мартеновская, так как в бессемеровской стали содержится повышенное количество растворенных азота и фосфора — элементов, упрочняющих сталь, но делающих ее одновременно и более хрупкой. Применение кислородного дутья в конвертерах значительно ослабляет этот недостаток конвертерной стали. Сталь, полученная в конвертерах с кислородным дутьем и основной футеровкой, приближается по своим свойствам к мартеновской. Кроме способа выплавки на свойства стали большое влияние оказывает способ раскисления, по которому стали делятся на спокойные, полуспокойные и кипящие.

По назначению углеродистые стали разделяются на конструкционные и инструментальные. Конструкционные стали, в свою очередь, делят на строительные и машиностроительные. Строительные стали с содержанием углерода до 0,25 % хорошо свариваются, хорошо деформируются в горячем и холодном состоянии, но прочность их

относительно невысока.

Машиностроительные стали прочнее строительных и могут подвергаться закалке с высоким отпуском, в результате чего улучшаются их механические свойства. Однако эти стали хуже свариваются и плохо поддаются деформации в холодном состоянии.

Инструментальные стали содержат от 0,7 до 1,4 % углерода. Углеродистые стали бывают обыкновенного качества, качественные и высококачественные

### Задания для практического занятия :

**Таблица 1**

№ п/п	марка	№ п/п	марка
1	СЧ 20	6	У 9
2	КЧ 55-3	7	Ст 5 пс Г
3	ВЧ 40	8	Сталь 45
4	ВЧ 70	9	А 40
5	КЧ 33-8	10	У 8А

### Порядок выполнения отчета по практической работе

1. Записать название работы
2. Нарисовать таблицу1
3. Провести расшифровку марок чугуна и стали из таблицы 1, полученные результаты записать в таблицу 2.
1. Ответить на контрольные вопросы.

**Таблица 2**

№ п/п	Марка	Свойства и применение
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Пример оформления таблицы 2

№ п/п	марка	Свойства и применение
1	Ст3кп	Углеродистая сталь обыкновенного качества, кипящая. Хорошо штампуются в холодном состоянии. Применяется для изготовления ненагруженных деталей машин и механизмов.

### Контрольные вопросы

1. Какие принципы положены в основу маркировки чугуна?
2. Какие сплавы называют чугунами?
3. Как влияет форма графита на твердость чугунов?

4. Как различаются между собой серый, ковкий и высокопрочный чугуны?
5. Сколько углерода может содержаться в стали ?

### **Практическая работа №7**

#### **Тема «Расшифровать марки легированных сталей»**

**Учебная цель:** расшифровать буквы и цифры марок легированных сталей

**Учебные задачи:**

1. расшифровать марки сталей
2. указать свойства расшифрованных марок сталей и их основное применение
3. составить отчет по проделанной работе

**Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:**

Студент должен

уметь:

по марке стали определять основные физические и технологические свойства стали.

знать:

классификацию сталей, предпочтительное применение стали в зависимости от её технологических свойств.

**Оборудование и оснащение:**

1. Учебно-методическая литература:

- Ю.Т. Вишневецкий «Материаловедение для слесарей»;
- Ю.П. Солнцев С.А. Вологжанина «Материаловедение».

1. Справочная литература:

1. Ручка.

1. Карандаш простой

#### **Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практической работы**

В основу классификации легированных сталей заложены четыре признака:

- – равновесная структура;
- – структура охлаждения на воздухе;
- – химсостав;
- – назначение.

По равновесной структуре легированные стали подразделяются на доэвтектоидные, эвтектоидные, заэвтектоидные и ледебуритные и, следовательно, ферритные, феррито – перлитные, перлитные, перлитно-цементитные. В ледебуритных сталях присутствует эвтектика (ледебурит), которая характерна для чугунов. Стали, легированные сильными аустенизаторами (C, Mn, Ni, Co, Cu), имеют расширенную  $\gamma$  -область и относятся к аустенитному классу. Стали, легированные сильными ферритообразующими элементами, относятся к ферритному классу (Cr, Mo, W, Ti и др.)

По химсоставу стали классифицируются в зависимости от легирующих элементов: хромистые, марганцовистые, хромоникелевые, хромоникельмолибденовые и многие другие. Легированные стали могут быть низколегированные (до 3% легирующих элементов), среднелегированные (от 3 до 10%), высоколегированные (от 10 до 50%). Легированные стали, как и углеродистые, делятся по качеству в зависимости от содержания вредных примесей (S и P), газов (H, N, O), неметаллических включений, способа выплавки, мехсвойств.

Маркировка легированных сталей осуществляется следующим образом. Первые одна, две, три цифры в начале марки обозначают содержание углерода (18Х2Н2 МФА, 110Г13ЧТЛА, 9ХВГСА). В конструкционных сталях углерод находится в сотых долях процента, в инструментальных – десятых долях процентов. Буквы правее цифр углерода обозначают легирующие элементы: А – азот, Б – ниобий, В – вольфрам, Г – марганец, Д – медь, Е – селен, К – кобальт, Н – никель, М – молибден, П – фосфор, Р – бор, С – кремний, Т – титан, Ф – ванадий, Х – хром, Ц – цирконий, Ч – редкоземельные металлы, Ю – алюминий. Цифра стоящая после буквы указывает содержание элемента в процентах. Если цифры не стоит, то это говорит о том, что содержание соответствующего легирующего элемента составляет приблизительно 0,9 – 1,5 %. Если цифры не стоит после Мо, V, N, РЗМ, Ti, Та, Nb, Zn, то это означает, что этого элемента содержится 0,2 – 0,5%; после перечисленных элементов в других случаях ставится цифра, в том числе «1». Высококачественные стали в конце марки обозначаются буквой «А» (т.е. содержание S, P, H, N, O – регламентировано). Особокачественные стали в конце обозначаются буквой «Ш», что говорит о выплавке стали электрошлаковым переплавом. Буква «А» в середине марки стали свидетельствует о легированности стали азотом. Если буква «А» стоит в начале марки, то это обозначает, что сталь «автоматная», с повышенным S и P, для лучшей обрабатываемости на автоматических станках.

Быстрорежущие стали, содержащие большое количество вольфрама, молибдена, ванадия, обозначаются буквой «Р», следующая цифра отражает содержание вольфрама. Например: Р18 – быстрореж, содержащий 18% вольфрама, Р9МЗФЗТЗА – быстрореж, содержащий 9% W, 3% Мо, 3% V, 3% Ti, А – высококачественная сталь.

Уменьшение содержания вредных примесей стали (S, P, N, H, O, Sb, As и др.) очень сильно влияет на повышение механических свойств.

#### Задания для практического занятия :

1.Расшифровать марки сталей : 03Х16Н15МЗБ, 11Х11Н2В2МФА, 10Х11Н23ТЗМР , 15ХМ, Р6М5, 14Г, 12ХН, ШХ20СГ, 4Х2В5МФ, 08Х18Н10Т

2.Применение данных марок стали

#### Порядок выполнения отчета по практической работе

1. Записать название работы
2. Нарисовать таблицу 1
3. Провести расшифровку предложенных марок стали , полученные результаты записать в таблицу 1.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 1.

№ п/п	марка	Химические элементы и их содержание	Свойства и применение
1			
2			
3			

4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Таблица 1

Пример оформления таблицы 1

№ п/п	марка	Химические элементы и их содержание	Свойства и применение
1	Ст3кп	содержит: 0,14...0,22C; 0,3...0,6Mn; не более 0,07Si; не более 0,05%S и не более 0,04P.	Углеродистая сталь обыкновенного качества, кипящая. Хорошо штампуются в холодном состоянии. Применяется для изготовления ненагруженных деталей машин и механизмов.
2			

### Контрольные вопросы

1. Какие стали называют легированными?
2. Что является целью легирования?
3. Каким образом легирующие элементы могут взаимодействовать с железом и углеродом?
4. Приведите примеры легированных инструментальных сталей
5. Какие стали называют нержавеющей? Приведите примеры.

### Практическая работа №8

#### Тема «Термическая обработка стали 45X»

**Учебная цель:** ознакомить студентов с технологическими операциями при проведении различных видов термической обработки на механические свойства конструкционной углеродистой стали марки 45.

#### Учебные задачи:

1. отчет по проделанной работе

#### Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Студент должен

уметь:

проводить различные виды термической обработки конструкционной углеродистой стали марки 45.

знать:

виды термической обработки стали

#### Оборудование и оснащение:

1. Учебно-методическая литература:

- Ю.Т. Вишневецкий «Материаловедение для слесарей»;
- Ю.П. Солнцев С.А. Вологжанина «Материаловедение».

2. Технические средства обучения  
-- мультимедийный проектор

3. Ручка.

4. Карандаш простой

5. Чертежные принадлежности: линейка

### **Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практической работы**

Термической обработкой называется совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения с целью получения заданных свойств за счет изменения внутреннего строения и структуры.

Углеродистые стали широко используются для изготовления различных деталей машин и инструментов. На машиностроительные заводы углеродистые стали поставляются с относительно невысокой твердостью для того, чтобы обеспечить хорошую обрабатываемость резанием. Такие свойства могут быть получены после первичной термической обработки. Конструкционные стали в отожженном или нормализованном состоянии с феррито-перлитной структурой, инструментальные – после сфероидизирующего отжига, обеспечивающего получение структуры зернистого перлита или зернистого псевдоперлита.

После изготовления изделия проводят вторичную термическую обработку. Ее назначение – получение окончательной структуры и необходимых физико-механических свойств стали. В качестве вторичной термической обработки применяют закалку и последующий отпуск: низкий, средний или высокий. Закалка обеспечивает получение структуры мартенсита в конструкционных сталях, а в инструментальных – либо мартенсита (для сталей с содержанием углерода не более 0,8 %), либо мартенсита и зернистого цементита (для сталей, содержащих более 0,8 % углерода). Закалку и низкий отпуск чаще используют для инструментов, поскольку такая обработка позволяет получить максимальную твердость стали. Закалка и средний отпуск позволяет получить наибольшие значения предела упругости, поэтому используется для различных упругих элементов, например, пружин. Для ответственных деталей машин чаще всего применяют закалку и высокий отпуск, обеспечивающий оптимальное сочетание характеристик прочности, твердости, пластичности и вязкости. Такая обработка (закалка + высокий отпуск) называется улучшением.

При выборе температуры нагрева для термической обработки используют понятие “критические точки”. Критические точки стали обозначают буквой *A* по начальной букве французского слова *arret* – остановка. Критические точки  $A_1$  лежат на линии  $PSK(727^{\circ}C)$  диаграммы железо-углерод и соответствуют превращению перлита в аустенит;  $A_2$  находятся на линии  $MO(768^{\circ}C)$ , характеризующей магнитное превращение феррита;  $A_3$  соответствуют линиям  $GSE$ . Для обозначения критических точек при нагреве и охлаждении вводят дополнительные индексы: букву “с” в случае нагрева и “i” при охлаждении. Таким образом,  $Ac_1$  – критическая точка, соответствующая превращению перлита в аустенит;  $Ar_1$  – аустенит в перлит;  $Ac_3$  – окончанию растворению феррита в аустените;  $Ar_3$  – началу выделения феррита из аустенита. Для *заэвтектоидных* сталей точку  $Ac_3$ , соответствующую окончанию растворения вторичного цементита в аустените,

чаще обозначают *Аст*.

### **Технология проведения термической обработки**

*Отжигом называют вид термической обработки, обеспечивающий получение равновесной структуры стали. При отжиге нагрев и охлаждение изделия производится вместе с печью, а выдержка в нагретом состоянии может составлять несколько десятков часов. Нагрев при отжиге может производиться выше или ниже температур фазовых превращений в зависимости от целей отжига. Конструкционные стали подвергают полному отжигу с нагревом до температуры на 30-50 °С выше критической точки  $A_{c3}$ . В результате отжига снимаются внутренние напряжения, получается равновесная структура, снижается твердость, повышается пластичность и вязкость стали. Для инструментальных сталей, содержащих 0,8 % и более углерода, проводят отжиг на зернистый перлит для снижения твердости, получения лучшей обрабатываемости резанием и подготовки структуры в закалке. При таком отжиге сталь нагревают несколько выше критической точки  $A_{c1}$ .*

Нормализация является разновидностью полного отжига. Нагрев производят до температур  $A_{c3} + 30-50$  °С, однако после выдержки (до полного прогрева – обычно из расчета один градус на 1 мм сечения) охлаждение производят на воздухе. Эта обработка производится для устранения крупнозернистой структуры и выравнивания механических свойств стали. Для малоуглеродистых сталей (до 0,3 % С) отжиг часто заменяют нормализацией для некоторого повышения твердости.

После механической обработки изделия, как правило, упрочняющей термической обработки. Наиболее распространенным видом упрочняющей термической обработки углеродистых сталей, содержащих более 0,25 % С, является закалка с последующим отпуском. Возможность упрочнения сталей путём термической обработки обусловлена наличием фазовых превращений в твёрдом состоянии: охлаждая аустенит с разными скоростями и вызывая тем самым различную степень переохлаждения, можно получить продукты распада аустенита, резко отличающиеся по строению и свойствам. При не относительно больших скоростях охлаждение аустенит претерпевает превращение с образованием структур перлитного типа (механическая смесь феррита и цементита). Дисперсность полученной смеси возрастает по мере снижения температуры превращения. Одновременно увеличиваются прочность и твердость, а пластичность и вязкость снижаются. В зависимости от степени дисперсности смеси структуры называются перлитом, сорбитом или трооститом.

При значительных скоростях охлаждения аустенит переохлаждается до более низких температур. В этом случае происходит бездиффузионное превращение аустенита с образованием метастабильной (неравновесной) структуры – мартенсита, представляющего собой пересыщенный твёрдый раствор углерода в железе. Минимальная скорость охлаждения, обеспечивающая превращение аустенита в мартенсит, называется критической скоростью охлаждения  $V_{кр}$ .

Термическая обработка, в результате которой получают метастабильные структуры, называется закалкой. В зависимости от температуры нагрева различают полную и неполную закалку стали. При полной закалке нагрев осуществляется на 30-50 °С выше  $A_{c3}$  при неполной – на 30-50 °С выше  $A_{c1}$  (но ниже  $A_{c3}$  или *Аст*). Доэвтектоидные стали (содержат до 0,8 % С) подвергают закалке. Заэвтектоидные (содержат более 0,8 % С) – неполной. Неполная закалка заэвтектоидной стали сохраняет в структуре вторичный цементит. Неполная закалка для доэвтектоидной стали не рекомендуется, так как кристаллы феррита снижают твердость.

Закалка стали сопровождается появлением значительных внутренних напряжений, которые могут привести к короблению и даже появлению трещин. Поэтому закаленные изделия всегда подвергают отпуску. Отпуском называют вид термической обработки с нагревом ниже  $A_{c1}$ , в результате которой неустойчивые (метастабильные) структуры

закалки подходят в более устойчивые. Основным превращением при отступе является распад мартенсита, сопровождающейся выделением углерода в виде карбида железа. Различают низкий, средний и высокий отпуск.

Низкий отступ проводят при температурах не более 200 °С. Цель – снижение внутренних напряжений и некоторое уменьшение хрупкости мартенсита при сохранении высокой твердости и износостойкости. Образующаяся структура – отпущенный мартенсит.

Рекомендуется для инструментов, а также цементированных деталей.

Средний отпуск проводят при температурах 350-450 °С. Цель – некоторое снижение твердости при значительном увеличении предела упругости. Структура – тростит отпуска.

Обычно применяют для рессор и пружин.

Высокий отпуск производят при температурах 550 – 650 °С. Цель – достижение оптимального сочетания характеристик прочности. Пластичности и вязкости. Структура - сорбит отпуска с зернистым строением цементита. Используется для деталей, которые подвергаются воздействию высоких напряжений и ударных нагрузок.

Одноименные структуры закалки и отпуска при равной твердости имеют близкие значения прочности, однако структуры, полученные после отпуска, имеют большие значения пластичности и вязкости.

Пронумерованные образцы расположены внизу экрана. Их можно передвигать, наводя на них курсор, нажимая при этом левую кнопку мыши и перемещая мышь в нужную сторону.

Кроме 12 образцов работа содержит муфельную печь соответствующего размера, устройство для установки и контроля температуры нагрева печи и банку с водой для быстрого охлаждения прогретых в печи образцов.

### **Инструкция по выполнению практической работы**

Данная виртуальная работа имеет строго установленный порядок выполняемых операций. Инструкция по проведению работы из 34 пунктов и расположена вверху экрана.

Прокрутка инструкции производится при помощи двух специальных кнопок, размещенных в правой части текстового поля. Щелчок по соответствующей кнопке сдвигает текст на четыре строки.

Выполнять работу следует в точном соответствии с установленным порядком, в противном случае, возможна полная блокировка работы, после чего придется начинать ее сначала при помощи овальной кнопки «Сброс».

Перемещение любого образца в область, расположенной справа красной рамки с крестиками внутри ячеек, делает его недоступным для дальнейших манипуляций, поэтому данную операцию следует совершать только после окончательного завершения процесса термической обработки данного образца.

Для облегчения процесса визуальной идентификации состояние образца в текущий момент принята условная цветовая градация образцов, которая изображена в правой части экрана. Светло-серый цвет соответствует исходному состоянию образца, темно-серый – нормализации, фиолетовый – закалке, темно-синий – низкому отпуску при охлаждении на воздухе, синий – низкому отпуску при охлаждении в воде, светло-синий – среднему отпуску при охлаждении на воздухе, голубой – среднему отпуску при охлаждении в воде, зеленый – высокому отпуску. Кроме того, образец может принимать оранжево-красный оттенок – после прогрева его в печи при температуре выше 800 градусов по Цельсию.

Начинать лабораторную работу следует с измерения геометрических параметров типового образца, для чего достаточно вызвать соответствующую измерительную панель при помощи красной прямоугольной кнопки «Образец».

Обратите внимание, что квадратный в плане образец имеет поперечный надрез для испытания на маятниковом копре, с целью определения ударной вязкости KCV. Такие испытания предстоят всем образцам при выполнении в дальнейшем специальной

лабораторной работы.

Измерения габаритов производятся при помощи двух цифровых измерительных линеек по оси X и Y. Для перемещения линеек необходимо поместить курсор в активную область красного кружочка и нажимая левую кнопку мыши перемещать ее в нужном направлении. При этом в цифровом окне линейки будут отражаться координаты измерительной линии относительно соответствующей оси.

Закончив измерения геометрических размеров, следует закрыть измерительную панель при помощи овальной кнопки «закрыть» и далее вызвать таблицу параметров 12-ти образцов, для чего нажать красную прямоугольную кнопку «Параметры», кликнув по ней левой кнопкой мыши.

Таблица отображает параметры твердости НВ и ударной вязкости КСV образцов в текущий момент. В таблицу включены значения температур нагрева и имеется поле для ввода фамилии студента, выполняющего данную работу, для формирования на ее основе отчета преподавателю. Все параметры будут добавляться в таблицу по ходу выполнения работы автоматически, но фамилию необходимо ввести самостоятельно, поместив в текстовое окно курсор и набрав ее на клавиатуре. Панель с таблицей закрывается овальной кнопкой «Заккрыть».

### **Методика анализа результатов, полученных в ходе практической работы**

Суть лабораторной работы состоит в подготовке образцов с разными параметрами, подвергая их различной термической обработке. Вначале следует отложить в соответствующие ячейки красной зоны готовых образцов два образца с исходными характеристиками для последующего сравнительного анализа. Оставшиеся 10 образцов нужно прогреть в печи при максимальной температурой от 824 до 880 °С (температуры нагрева задает преподаватель), восемь из них – закалить, охлаждая в воде до фиолетового цвета, а два – нормализовать, охлаждая на воздухе до темно-серого. Затем два закаленных в воде образца вновь нагревать в печи до температуры в диапазоне от 160 до 240 °С. Один из них охлаждают на воздухе – получают образец с низким отпускком темно-синего цвета, а другой в воде – получают образец с низким отпускком синего цвета. Далее два закаленных образца прогревают в печи в диапазоне от 360 до 440 °С. Один из них охлаждают на воздухе – получают образец со средним отпускком светло-синего цвета, а другой в воде – получают образец со средним отпускком голубого цвета. И, наконец, оставшиеся два закаленных образца также помещают в печь и нагревают до температуры в диапазоне от 560 до 640 °С. Один из них охлаждают на воздухе – получают образец с высоким отпускком зеленого цвета, а другой в воде и получают образец также с высоким отпускком зеленого цвета.

Последовательность операций при этом необходимо строго соблюдать согласно каждому пункту инструкции по выполнению работы. Если все было сделано правильно, снова открыв таблицу параметров можно убедиться, что в таблицу включены все образцы в соответствии проделанными термическими операциями. Остаётся только распечатать готовый документ для отчета и использования в следующих лабораторных работах. Если для немедленной распечатки нет технической возможности, то при помощи клавиши копирования «SisRq» следует поместить итоговый документ в системный карман компьютера и вставить его, например, в «Word», далее сохранить его на дискете и представить преподавателю на проверку.

### **Порядок выполнения отчета по практической работе**

1. Произвести все измерения.
2. Заполнить таблицу.
3. Ответить на контрольные вопросы.

#### Контрольные вопросы

1. Что такое термическая обработка?
2. С какой целью проводят предварительную термическую обработку?
3. Какие виды термической обработки относят к окончательным? С какой целью они проводятся?
4. Что такое критические точки стали? Назовите основные критические точки.
5. Как различается скорость охлаждения после отжига, нормализации, закалки?
6. Что такое критическая скорость охлаждения? Получение какой структуры она обеспечивает?
7. Почему после закалки углеродистые стали обязательно подвергают отпуску?
8. Для каких изделий применяется низкий, средний, высокий отпуск?
9. Какими методами можно добиться изменения свойств поверхностного слоя детали?

### Практическая работа №9

#### Тема «Свойства цветных металлов и сплавов»

**Учебная цель:** знать свойства цветных металлов и их сплавов

**Учебные задачи:**

1. знать цветные металлы и их сплавы
2. определить свойства сплавов и их применение
3. составить отчет по проделанной работе

#### Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Студент должен

уметь:

определять свойства материалов

знать:

свойства цветных металлов и их сплавов

#### Оборудование и оснащение:

1. Учебно-методическая литература:
  - Ю.Т. Вишневецкий «Материаловедение для слесарей»;
  - Ю.П. Солнцев С.А. Вологжанина «Материаловедение».

1. Справочная литература:

1. Технические средства обучения  
-- мультимедийный проектор

1. Ручка.
2. Карандаш простой
3. Чертежные принадлежности: линейка

## Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практической работы

**Цветные металлы.** К цветным металлам, наиболее широко применяемым в технике, относятся медь, алюминий, олово, свинец, цинк, магний, титан и их сплавы. В чистом виде цветные металлы используют редко, в основном их применяют в виде сплавов.

Легирующие элементы, входящие в состав цветных металлов и сплавов, обозначают заглавными буквами русского алфавита, например алюминий - А, бериллий - Б, железо - Ж, кремний - К, медь - М и т. д.

**Медь.** Она имеет характерный красноватый цвет, в природе встречается в виде сернистых соединений, в окислах и очень редко в чистом виде. Медь маркируют буквой М. В зависимости от чистоты меди (ГОСТ 859-2001). Самая чистая медь - содержит 99,99% меди и 0,01% примесей. Благодаря высокой пластичности медь хорошо обрабатывается давлением в холодном и горячем состоянии. Она обладает хорошей электропроводностью. Из нее изготавливают проводники электрического тока - провода и кабели.

**Олово.** Олово очень мягкий металл серебристо-белого цвета с желтоватым оттенком. Оно разделяется на шесть марок (ГОСТ 860-41): ОВЧ-000, О1ПЧ, О1, О2, О3, О4. Самое чистое олово - марки ОВЧ-000, содержащее 99,999% олова и 0,001% примесей. Олово в чистом виде применяют для лужения жести.

**Цинк.** Цинк - это хрупкий металл белого цвета с голубоватым оттенком. В зависимости от химического состава установлены шесть марок цинка (ГОСТ 3640-47): ЦВ (99,99% цинка), Ц0, Ц1, Ц2, Ц3, Ц4 (99,50% цинка). Цинк используют для покрытия изделий (цинкование), чтобы предохранить их от атмосферной коррозии.

**Свинец.** Это мягкий металл синевато-серого цвета, быстро тускнеющий на воздухе. ГОСТ 3778-56 устанавливает шесть марок свинца: СО (99,992% свинца), С1, С2, С3, СЗСу, С4 (99,60% свинца). Свинец хорошо отливается и прокатывается. Из для перекачки кислот, для производства аккумуляторов и т. д. Свинец - очень хорошая защита от рентгеновских лучей.

**Алюминий.** Алюминий - мягкий металл белого цвета. Он добывается путем электролиза из алюминиевой руды - бокситов и хорошо поддается прокатке и ковке. Особенности алюминия являются легкость, хорошая электропроводность (60% электропроводности меди) и высокая коррозионная стойкость. По ГОСТ 3549-55 алюминий выпускается нескольких марок. Самой высокой по чистоте является марка АВ0000, содержащая 99,996% алюминия. Из алюминия изготавливают провода, кабели, змеевики (испарители) в холодильниках и т. д. Окислы алюминия безвредны.

**Магний.** Магний - самый легкий металл из всех применяемых в технике (удельный вес его 1,74). Он легко воспламеняется и при его горении возникает высокая температура. Наиболее опасны в этом отношении порошок, тонкая лента, мелкая стружка и т. п. Механические свойства магния низкие, поэтому он находит ограниченное применение в технике. В литейном деле из магния выплавляют высокопрочный магниевый чугун. Чаще всего магний используют в виде сплавов с алюминием, цинком. ГОСТ 804-62 устанавливает две марки магния: Мgl (99,92% магния) и Mg2 (99,85% магния).

**Титан.** Это металл серебристо-белого цвета, тугоплавкий (плавится при 1725° С) и легкий, стойкий на воздухе и даже в атмосфере морского климата. По распространенности титан занимает четвертое место среди конструкционных металлов, уступая лишь алюминию, железу и магнию. Прочность его вдвое больше, чем у железа, и почти в шесть раз больше, чем у алюминия. Ценными свойствами титана являются его высокие химическая и коррозионная стойкость. Титан обладает высокой пластичностью. Он хорошо куется, легко прокатывается в листы, ленты и даже в фольгу. Наибольшее применение титан находит в виде сплавов для изготовления лопастей газовых турбин и производства жаропрочных сталей.

**Медные сплавы.** Важнейшими сплавами на основе меди являются латунь и бронза.

**Латунь** - это сплав меди с цинком. Кроме цинка, латунь содержит и другие элементы, но в

меньшем, чем цинк, количестве. Латунь маркируют буквой Л, за которой стоят цифры, указывающие на содержание меди, например латунь марки Л80 состоит из 80% меди и 20% цинка. Если в латунь вводится 1% свинца, то она будет обозначаться ЛС59-1 и содержать 59% меди, 40% цинка и 1% свинца. Латунь обладает высокой коррозионной стойкостью, пластичностью, легко поддается прокатке, ковке и вытяжке. В технике находят применение латуни, содержащие от 10 до 42% цинка. В зависимости от назначения латуни могут быть обрабатываемыми давлением, литейными и специальными. Латунь, обрабатываемая давлением, используют для радиаторных трубок, прокладок, труб и т. д. Из литейных латуней изготавливают червячные винты, зубчатые колеса, подшипники и т. д. Специальные латуни, обладающие более высокими механическими свойствами, чем литейные латуни, применяют для изготовления химически стойких деталей, конденсаторных трубок и водяной арматуры. Латунные изделия, получаемые холодной обработкой (наклеп), для смягчения и пластичности подвергают отжигу рекристаллизации на 350-450° С.

**Бронза** - это сплав меди с оловом, свинцом, алюминием и другими элементами. Название бронзы зависит от второго компонента. Важнейшими из бронз являются оловянистые, свинцовистые, алюминиевые и кремнистые. Бронзы маркируют следующим образом: сначала пишут буквы Бр., означающие бронзу, затем буквы, показывающие, какие элементы введены в бронзу, и далее цифры, указывающие на содержание этих элементов в процентах. Например, бронза марки Бр.ОЦС6-6-3 означает, что в ней содержится 6% олова, 6% Цинка, 3% свинца и остальные (85%) медь. 62

**Оловянистые бронзы** обладают хорошими литейными свойствами, коррозионной стойкостью и высокими антифрикционными свойствами, т. е. хорошо сопротивляются износу и трению. Оловянистые бронзы в основном применяют для деталей, работающих на трение, - подшипников скольжения, червячных колес и т. п. Олово - дорогой металл, поэтому в основном применяют бронзы, в которых олово заменяют алюминием, кремнием, марганцем и другими элементами.

**Алюминиевые бронзы** содержат до 10% алюминия. Они обладают прочностью, высокими антифрикционными и технологическими свойствами, устойчивостью в атмосферных условиях и морской воде. Введение в алюминиевую бронзу железа, марганца и других элементов еще больше повышает ее механические свойства. Химический состав специальных бронз, например Бр. АЖН10-4-4, следующий: алюминия - 9,5-11,0%; марганца 3,5- 5,5%; железа - 3,5-5,5%; остальное - медь. Алюминиевые бронзы применяют как антифрикционный материал, изготавливая из них подшипники, втулки, червячные колеса и т.

**Кремнистые бронзы** содержат 2-3% кремния. Они обладают высокими литейными свойствами и коррозионной стойкостью. Из таких бронз изготавливают пружинящие детали, проволоку, ленту и т. д.

**Никелевые бронзы**, обладают высокой вязкостью и кислотостойкостью, сохраняют механические свойства даже при повышенных температурах.

**Бериллиевые бронзы** (2% бериллия) обладают исключительно высокими свойствами - хорошо упрочняются термической обработкой, имеют предел прочности  $\sigma_b = 130-150 \text{ кгс/мм}^2$  и твердость  $HV 370-400$ . Бериллиевые бронзы применяют, например, для изготовления ударного инструмента, зубил, молотков, не дающих при ударе искр. Пружины из бериллиевой бронзы выдерживают до 25 млн. колебаний, в то время как стальные закаленные пружины в таких же условиях разрушаются после 3 млн. колебаний.

**Алюминиевые сплавы.** Они получают добавкой к алюминию меди, цинка, магния, кремния, марганца и других компонентов. Такие сплавы имеют небольшой удельный вес и высокие механические свойства.

Алюминиевые сплавы разделяются на деформируемые и литейные.

**Деформируемые сплавы**, упрочняемые термической обработкой, могут быть следующих марок: АК6, АК8, АК2, АК4. Они обладают высокой прочностью и пластичностью, поэтому из них изготавливают полуфабрикаты ковкой, прокаткой и прессованием. Сплавы АК2 и АК4 содержат никель и являются жаропрочными. Они применяются после термической обработки

для изготовления поршней, головок цилиндров, работающих при повышенных температурах. К деформируемым алюминиевым сплавам, упрочняемым термической обработкой, относится также дюралюминий марок Д1, Д6, Д16, Д18. Дюралюминий выпускается в виде листов, прессованных и катаных профилей, прутков и штамповок. Сплав Д18 применяют для заклепок, так как он может расклепываться в любое время после старения. Для повышенной коррозионной стойкости дюралюминий покрывается (плакируется) чистым алюминием. Плакированием называют горячую прокатку слитков дюралюминия вместе с листами чистого алюминия. Сплавы АМц и АМг термическому упрочнению не подвергают. Из них изготавливают трубопроводы и сварные масляные резервуары.

**Литейные алюминиевые сплавы** почти не стареют естественно. Их прочностные свойства повышаются искусственным старением. Из литейных сплавов наибольшее распространение получили силумины - сплавы алюминия с кремнием. Силумины обладают высокими механическими свойствами и большой жидкотекучестью, позволяющей отливать сложные и тонкостенные детали. **Магниевого сплавы.** Подобно алюминиевым магниевые сплавы подразделяются на деформируемые и литейные. Прочность и пластичность магниевых сплавов ниже, чем у алюминиевых. Удельный вес магниевых сплавов - 1,74. Характерной особенностью термообработки магниевых сплавов является длительная выдержка их при закалке и отпуске. Деформируемые магниевые сплавы марок МА1, МА2, МА5, МА8 применяют для изготовления высоконагруженных деталей самолетов, а литейные сплавы марок МЛ2, МЛ3, МЛ4, МЛ5 - для изготовления деталей двигателей, корпусов приборов, колодок колесных тормозов автомобилей и корпусов фотокамер. Химический состав магниевых сплавов приведен в таблице:

**Антифрикционные (подшипниковые) сплавы.** Антифрикционными называют сплавы, из которых изготавливают подшипники и трущиеся детали, применяя для этого баббиты, бронзы, антифрикционные чугуны, цинковые сплавы и другие материалы, предохраняющие трущиеся детали, например валы, от износа и создающие необходимые условия для смазки.

Наибольшее применение для изготовления подшипников находят оловянистые бронзы Бр.ОЦС4-4-2,5 и Бр.ОФ6,5-0,15, обладающие низким коэффициентом трения. В целях экономии дорогостоящих оловянистых бронз для изготовления втулок, заливки вкладышей и подшипников используют цинковые сплавы ЦАМ10-5 и ЦАМЭ-1,5. По ГОСТ 7117 - 54 сплав ЦАМ10-5 содержит 9,0-12% алюминия, 4,0-5,5% меди, 0,03-0,06% магния и остальное - цинк. В качестве антифрикционных сплавов для подшипников можно применять и пористые металлокерамические материалы на основе железомеднографитовых порошковых смесей (1,0-1,5% меди, 0,9-1,1% графита и остальное - железо). Обычно из этих сплавов изготавливают втулки и вкладыши прессованием порошковых смесей и последующим спеканием при температуре 1100-1150° С. Такие втулки имеют от 15 до 30% тончайших, соединенных между собой пор. После пропитки машинным маслом втулки становятся самосмазывающимися. Они применяются в текстильных хлопкоуборочных и швейных машинах, в которых смазка подшипников невозможна из-за загрязнения тканей, хлопка и т. п. Большую группу подшипниковых сплавов составляют баббиты. Они обладают высокой пластичностью, хорошей прирабатываемостью и низким коэффициентом трения. Высокие антифрикционные свойства их связаны с особой структурой - твердыми кристалликами в мягкой основе. Баббиты маркируют следующим образом (ГОСТ 1320-55): Б89, Б83 и т. д. Буква Б указывает, а название сплава, а цифра - на среднее содержание в нем олова. Свинцовый баббит С0С6-6 имеет высокие эксплуатационные качества и в настоящее время является основным материалом, из которого изготавливают подшипники для двигателей легковых и грузовых автомобилей. Для деталей, работающих с повышенным давлением, например рессорных втулок автомобилей, часто применяют антифрикционный ковкий чугун. Отожженный ковкий чугун обычно состоит из 2,5-2,75% углерода; 1,0-1,2% кремния; 0,45-0,55% марганца; 0,06% хрома; 0,12-0,17% фосфора и 0,15-0,17% серы.

**Задания для практического занятия :**

№п/п	Металл	Плотность	Цвет	Температура плавления	Свойства	Сплавы на их основе	Применение
1							
2							
3							
4							

### Порядок выполнения отчета по практической работе

- 1.Изучить теоретический материал
- 2.Заполнить таблицу
- 3.Составить отчет
- 4.Ответить на контрольные вопросы

#### Контрольные вопросы

1. Перечислите свойства меди
2. Приведите примеры применения меди и медных сплавов а промышленности
3. Маркировка титана и его сплавов , приведите примеры
4. Что такое баббит
5. Примеры применения баббитов

### Практическая работа №10

#### Тема «Расшифровка марок цветных металлов и сплавов»

**Учебная цель:** расшифровать буквы и цифры в названии марок цветных металлов и сплавов

#### Учебные задачи:

1. расшифровать марки цветных металлов и сплавов.
2. указать свойства расшифрованных марок металлов и их основное применение
3. составить отчет по проделанной работе

#### Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Студент должен

#### уметь:

по марке определять основные физические и технологические свойства цветных металлов и сплавов.

#### знать:

классификацию и характеристики сплавов, предпочтительное применение сплавов в зависимости от их химического состава и механических свойств.

#### Оборудование и оснащение:

1. Ручка.
1. Карандаш простой
1. Чертежные принадлежности: линейка

## **Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практической работы**

*Цветные сплавы.* Цветные металлы (медь, алюминий, магний и пр.) в чистом виде имеют ограниченное применение. Для улучшения их механических, технологических и других свойств из цветных металлов готовят различные цветные сплавы: латуни, бронзы, алюминиевые и др.

Наиболее распространенными в промышленности сплавами цветных металлов являются следующие.

*Латунь* — сплав меди с цинком. По сравнению с чистой медью она имеет повышенную прочность, пластичность и твердость, а также обладает большей коррозионной стойкостью и жидкотекучестью. Латунь служит для изготовления листов, проволоки, литой и штампованной арматуры, посуды и т. д.

*Основные виды латуни:* литейные (для фасонного литья) и обрабатываемые давлением. Латунь обозначается буквой Л и цифрой, указывающей процент содержания меди в сплаве. Например, марка латуни Л62 обозначает, что в ней содержится около 62% меди.

*Специальная латунь* кроме буквы Л маркируется условными обозначениями легирующих элементов: Ж — железо, Мц — марганец, Н — никель, О — олово, К — кремний, С — свинец. Количество элементов указывается цифрами. Например, марка ЛС59-1 обозначает свинцовистую латунь, в которой содержится 59% меди, 40% цинка и 1% свинца.

*Бронза* — сплав меди с оловом, свинцом, кремнием, марганцем и некоторыми другими элементами. Бронзы обладают высокой коррозионной стойкостью, жидкотекучестью и высокими антифрикционными свойствами. В зависимости от легирующих элементов, входящих в сплав, бронзы делят на оловянные, алюминиевые, марганцевые, кремниевые, свинцовые и др.

*Оловянная бронза* имеет повышенную коррозионную стойкость, жидкотекучесть и обладает хорошими антифрикционными свойствами. Она применяется в основном для отливки подшипников и других подобных деталей и обозначается буквами БрО с цифрами, указывающими содержание в ней олова в процентах. Основные марки оловянной бронзы: БрО10, БрО14, БрО20.

*Алюминиевая бронза* по сравнению с оловянной имеет большую пластичность, коррозионную стойкость и лучше сопротивляется износу, но обладает более низкими литейными свойствами.

Добавление в алюминиевую бронзу железа, никеля и марганца повышает ее коррозионную стойкость и механические свойства. Такая бронза используется для изготовления фасонного литья, арматуры, зубчатых колес и других деталей. Основные марки алюминиевой бронзы: БрАЖ9-4, БрАЖН 10-4-4.

*Марганцевая бронза* обладает пластичностью, хорошо сопротивляется коррозии, но имеет сравнительно невысокие механические свойства и служит в основном для изготовления паровой арматуры. Основной маркой марганцевой бронзы является БрМц5.

*Кремниевая бронза* характеризуется высокой пластичностью и хорошими литейными свойствами. Для увеличения коррозионной стойкости в нее добавляют марганец, а для улучшения антифрикционных свойств — свинец. Из кремниевой бронзы изготавливают пружинящие контакты, проволоку и т. д. Наиболее распространена бронза марки БрКМц3-1.

*Бериллиевая бронза* обладает высокой упругостью, износоустойчивостью и твердостью. Бронза марки БрБ2 употребляется для изготовления пружин, износоустойчивых деталей и т. д.

*Бронзы* маркируются следующим образом: Бр — бронза, последующие буквы обозначают легирующие элементы, цифры — процентный состав олова и других элементов.

Например, марка БрОЦС-5-5-5 обозначает, что в бронзе содержится 5% олова, 5% цинка, 5% свинца, остальное медь.

*Силумин* — сплав алюминия с кремнием, обладает хорошими литейными свойствами и широко применяется для всевозможных отливок. По сравнению с алюминием имеет лучшие механические свойства и повышенную плотность. Основные марки силумина: АЛ2, АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ9.

*Дюралюмин* — сплав алюминия с медью, магнием и марганцем. Медь и магний при термической обработке увеличивают прочность сплава, а марганец — твердость и коррозионную стойкость.

Дюралюмин подвергают термической обработке для повышения его механических свойств, которые при этом приближаются к свойствам среднеуглеродистой стали. Особенно распространен этот сплав в авиационной промышленности. Основные марки дюралюмина: Д1, Д6, Д16, Д18.

*Магниевого сплавы* — сплавы магния с алюминием, цинком, марганцем и другими элементами. Литейные свойства магниевых сплавов ниже алюминиевых, однако благодаря своей малой плотности они часто применяются в авиастроении, радиопромышленности и т. д. Прочность магниевых сплавов может быть повышена термической обработкой. Основные марки магниевых сплавов: МЛ4, МЛ5.

*Твердые сплавы.* Такие сплавы применяют для изготовления режущих инструментов, предназначенных для обработки металлов с высокими скоростями резания (от 100 до 1200 м/мин и более). Твердые сплавы получают спеканием порошков вольфрама, титана, кобальта и угля при температуре 1500—1550°С. Пластины из твердого сплава обладают твердостью НН 87—90, малой теплопроводностью и низким коэффициентом расширения при нагреве.

*Твердые сплавы* вольфрамовой группы предназначаются для обработки хрупких материалов, например чугуна, бронзы и других металлов. Сплавы этой группы обозначаются буквой В: ВК2, ВК3, ВК6, ВК8, ВК11 и др. (2—11% кобальта и остальное — карбиды вольфрама). Широкое применение находят твердые сплавы с более мелкозернистой структурой — ВК3М, ВК6М, ВК8М. Твердые сплавы вольфрамтитановой группы применяются для обработки стали и обозначаются буквой Т-Т5К10, Т15К6, Т14К8, Т15К6Т, Т30К4, Т60К6 и др. (5-60% карбидов титана, 6—10% кобальта, остальное — карбиды вольфрама).

### **Задания для практического занятия :**

Таблица 1

№ п/п	марка	№ п/п	марка
1	Т15К6	6	ЛЦ16К4
2	МЛ10	7	БрОЦ4-3
3	АМц1	8	БрО10Ф1
4	Д16	9	ЛС 59-2
5	Л63	10	ВК 6

### **Порядок выполнения отчета по практической работе**

1. Записать название работы
2. Нарисовать таблицу 2
3. Провести расшифровку марок стали из таблицы 1, полученные результаты записать в таблицу 2.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 2

№ п/п	марка	Химические элементы и их содержание	Свойства и применение
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Пример оформления таблицы 2

№ п/п	марка	Химические элементы и их содержание	Свойства и применение
1	Ст3кп	содержит: 0,14...0,22C; 0,3...0,6Mn; не более 0,07Si; не более 0,05%S и не более 0,04P.	Углеродистая сталь обыкновенного качества, кипящая. Хорошо штампруется в холодном состоянии. Применяется для изготовления ненагруженных деталей машин и механизмов.

## Контрольные вопросы

1. Какие металлы относят к цветным?
2. Какие сплавы относят к бронзам?
3. Почему чистый магний не используют для изготовления изделий?
4. Как принято классифицировать сплавы цветных металлов по технологическим свойствам?
5. Что такое латунь? Приведите примеры
6. Каковы свойства титана?
7. Что такое баббит?
8. Каковы свойства и применение алюминия?

## Практическое занятие 11.

### ВЫБОР МАРКИ МАТЕРИАЛА И РЕЖИМА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ ДЕТАЛЕЙ. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.

Цель занятия — приобрести навыки в соответствии ПК1.1-ПК1.6;ПК2.1-ПК2.3: выбор марки сплава, режима термической и химико-термической обработки металлов в зависимости от назначения изделий.

Задание: Согласно задания своего варианта: 1) изучить условия работы заданной детали и требования, предъявляемые к ней; 2) выбрать марку стали для изготовления заданной детали, изучить ее химический состав и механические свойства; 3) разработать в зависимости от условий работы детали, необходимый вид и режим термической или химико-термической обработки; 4) дать обоснование выбранного вида и режима обработки детали.

№ варианта	№ задачи	№ варианта	№ задачи
1	1,6,15	16	7,14,5
2	2,7,14	17	8,10,3
3	3,8,13	18	9,11,7
4	4,9,12	19	10,5,13
5	5,10,15	20	11,9,1
6	6,12,2	21	12,6,4
7	7,14,5	22	13,10,5
8	8,10,3	23	14,6,9
9	9,11,7	24	15,4,10
10	10,5,13	25	1,6,15
11	11,9,1	26	2,7,14
12	12,6,4	27	3,8,13
13	13,10,5	28	4,9,12
14	14,6,9	29	5,10,15
15	15,4,10	30	3,9,14

### Методические указания

Практическое занятие предусматривает обосновать выбор металла для изготовления заданной детали и выбор вида и режима термической и химико-термической обработки, которая обеспечит надежность детали в условиях эксплуатации, указанных в каждой задаче.

Для решения задачи необходимо прежде всего определить материал, обладающий свойствами, близкими к требуемым. Для этой цели рекомендуется ознакомиться с классификацией, составом и назначением основных материалов, используемых в технике. Если для улучшения свойств выбранного материала нужны термическая или химико-термическая обработка, то необходимо указать их режимы, получаемую структуру и свойства. При рекомендации режимов обработки необходимо также указать наиболее экономичные и производительные способы. Например, для деталей, изготавливаемых в больших количествах, — обработку с индукционным нагревом, газовую цементацию и др.; для деталей, работающих в условиях переменных нагрузок, например для валов, зубчатых колес многих типов, необходимо рекомендовать обработку, повышающую предел выносливости (в зависимости от рекомендуемой стали к ним относятся цементация, цианирование, азотирование, закалка с индукционным нагревом, обработка дробью).

**При решении задач рекомендуется использовать учебные пособия, ГОСТы, справочники.**

**В помощь учащимся при выполнении практического занятия приведено подробное решение одной типовой задачи.**

**Задачи по выбору сплавов и режимов термической обработки в зависимости от условий работы деталей и конструкций.**

1. Завод изготавливает коленчатые валы диаметром 35 мм; сталь в готовом изделии должна иметь предел прочности не ниже 750 МПа и ударную вязкость не ниже 50 МПа. Кроме того, вал должен обладать повышенной износостойкостью не по всей поверхности, а только в шейках, т. е. в участках, сопряженных с подшипниками и работающих на истирание.

Подберите марку стали, рекомендуйте режим термической обработки всего вала для получения заданных свойств и режим последующей термической обработки, повышающей твердость только в отдельных участках поверхности вала. Приведите структуру и твердость стали в поверхностном слое шейки вала и структуру и механические свойства в остальных участках.

2. Стаканы цилиндров мощных двигателей внутреннего сгорания должны обладать высоким сопротивлением износу на поверхности. Для повышения износостойкости применяют азотирование.

Подберите сталь, пригодную для азотирования, приведите химический состав, рекомендуйте режим термической обработки и режим азотирования. Укажите твердость поверхностного слоя и механические свойства низлежащих слоев в готовом изделии.

3. Станкостроительный завод изготавливает шпиндели токарных станков. Шпиндели работают с большой скоростью в условиях повышенного износа, поэтому твердость в поверхностном слое должна быть HRC 58—62.

Подберите сталь для изготовления шпинделя, рекомендуйте режим термообработки, обеспечивающий получение заданной твердости в поверхностном слое. Укажите структуру стали в поверхностных слоях и в сердцевине шпинделя, механические свойства сердцевины после окончательной термической обработки.

4. Червяк редукторов диаметром 35 мм можно изготовить из цементируемой и нецементируемой стали. Предел прочности в сердцевине детали должен быть 580—686 МПа.

Выберите марку цементируемой и нецементируемой углеродистой качественной стали. Обоснуйте, в каких случаях целесообразно применять цементируемую и в каких случаях — нецементируемую сталь.

Укажите химический состав, рекомендуемый режим химико-термической и термической обработки и сопоставьте механические свойства стали обоих типов в готовом изделии.

5. Палец шарнира диаметром 30 мм работает на изгиб и срез и должен обладать высокой износостойкостью на поверхности и высокой вязкостью в сердцевине.

Подберите углеродистую сталь, укажите ее состав и марку, рекомендуйте режим химико-термической и термической обработки, укажите структуру, механические свойства в сердцевине и твердость на поверхности после окончательной обработки. Укажите желаемую толщину твердого поверхностного слоя.

6. Выберите марку стали для изготовления топоров. Лезвие топора не должно сминаться или выкрашиваться в процессе работы; поэтому оно должно иметь твердость в пределах HRC 50—55 на высоту не более 30—40 мм; остальная часть топора не подвергается закалке и имеет более низкую твердость.

Укажите химический состав стали, режим термической обработки, обеспечивающий указанную твердость, а также способ закалки, позволяющий получить эту твердость только на лезвии топора.

7. Выберите марку стали для изготовления продольных пил по дереву и укажите режим термической обработки, микроструктуру и твердость готовой пилы.

Режимы термической обработки выберите таким образом, чтобы предупредить деформацию пилы при закалке и отпуске, а также обеспечить получение в стали высоких упругих свойств после отпуска (пила должна спружинить)).

8. Автосцепки вагонов на железнодорожном транспорте изготавливаются литыми. Для повышения механических свойств отливки подвергают термической обработке.

Выберите марку стали и обоснуйте термическую обработку, если предел прочности должен быть не ниже 343 МПа.

Укажите структуру и механические свойства стали после литья и после термической обработки.

9. Завод изготавливает зубчатые колеса диаметром 60 мм и высотой 80 мм. Предел текучести должен быть не ниже 530—540 МПа.

Выберите сталь для изготовления зубчатых колес и приведите состав и марку, учитывая технологические особенности термической обработки и необходимость предотвратить деформацию и образование трещин при закалке.

Рекомендуйте режим термической обработки и укажите механические свойства в готовом состоянии.

10. Многие измерительные инструменты плоской формы (шаблоны, линейки, штангенциркули) изготавливают из листовой стали; они должны обладать высокой износостойкостью в рабочих кромках. Приведите режимы обработки, обеспечивающей получение этих свойств, если инструменты изготавливают большими партиями из Сталей 15 и 20.

11. Выберите марку стали для изготовления рабочих колес центробежного насоса. Рабочие колеса должны обладать высокой коррозионной стойкостью, Укажите режим Т. О. и механические свойства колес в готовом состоянии.

12. Выберите марку стали для изготовления гаечного ключа и укажите режим термообработки и твердость готового ключа. Ключ не должен сминаться или выкручиваться в процессе работы, а это возможно если твердость ключа будет HRC 40/50.

13. Выберите марку сплава из цветных металлов для изготовления поршней авиационных двигателей.

Укажите механические свойства, химический состав данного сплава, учитывая требования к условиям работы (высокая вязкость и прочность). Обоснуйте свой выбор.

14. Выберите марку стали для изготовления рессор железнодорожного вагона и укажите режим Т. О. и твердость готовых рессор.

Режимы Т. О. выберите таким образом, чтобы предупредить : деформацию рессор, а также обеспечить получение в стали упругих свойств.

15. Выберите марку стали для изготовления червячного вала редуктора. Вал должен обладать высокой жесткостью и прочностью. Укажите режим Т. О. и механические свойства валов в готовом состоянии.

### **Пример решения типовой задачи по выбору сплавов и режимов термообработки**

Задача. Завод имеет сталь двух марок: 45 и 20ХНЗА, из которых можно изготовить вал диаметром 70 мм для работы с большими нагрузками.

Какую из сталей следует применить для изготовления вала, если сталь должна иметь предел текучести не ниже 740 МПа?

**Решение.**

#### **Химический состав стали, %**

Сталь	С	Мп	* Si	Cr	Ni	S	P

Сталь 45 20ХНЗА	0,42-0,50 0,17—0,23	0,50—0,80 0,3 —0,6	0,17-0,37 0,17—0,37	0,25 0,6— 0,9	0,25 2,75- 3,15	0,045 0,025	0,040 0,025
--------------------	------------------------	-----------------------	------------------------	------------------	-----------------------	----------------	----------------

Сталь 45 согласно ГОСТу в состоянии поставки (после прокатки и отжига) имеет твердость не более НВ 207. При твердости НВ 190—200 сталь имеет предел прочности не выше 588—608 МПа. Предел текучести стали 45 не превышает 265—314 МПа.

Сталь 20ХНЗА согласно ГОСТу в состоянии поставки (после прокатки и отжига) имеет твердость не более НВ 250. Предел прочности не превышает 735 МПа и может быть ниже 588 МПа для плавок с более низкой твердостью. Предел текучести стали не превышает 343— 392 МПа.

Таким образом, для получения заданного предела текучести вал необходимо подвергнуть термической обработке.

Для такого ответственного изделия, как вал двигателя, поломки которого нарушают работу машины, необходимо применить сталь качественную. Сталь 45 относится к классу качественной углеродистой, а сталь 20ХНЗА — к классу высококачественной легированной. Они содержат соответственно 0,42—0,50 и 0,17—0,23% углерода и принимают закалку. Для повышения прочности можно принимать нормализацию или закалку с высоким отпуском.

Так как вал двигателя воспринимает в работе динамические нагрузки, а также вибрацию, более целесообразно применить закалку и отпуск.

После закалки в воде углеродистая сталь 45 получает структуру мартенсита. Однако вследствие небольшой прокаливаемости углеродистой стали эта структура в изделиях диаметром более 20—25 мм образуется только в сравнительно тонком поверхностном слое толщиной 2—4 мм. Последующий отпуск вызовет превращение мартенсита и троостита в сорбит только в поверхностном слое, но не влияет на структуру и свойства перлита и феррита в основной массе изделия. Сорбит отпуска обладает более высокими механическими свойствами, чем феррит и перлит.

Наибольшие напряжения от изгиба, кручения и повторно переменных нагрузок воспринимают наружные слои. Однако в сопротивлении динамическим нагрузкам, которые воспринимает вал, участвуют не только поверхностные, но и нижележащие слои металла.

Сталь 20ХНЗА легирована никелем и хромом для повышения прокаливаемости и закаливаемости. Она получает после закалки однородную структуру и механические свойства в сечении диаметром до 75мм.

Таким образом, свойствами, которые обеспечат требования для изготовления вала диаметром 70мм для работы с большими нагрузками, обладает сталь 20ХНЗА , которую необходимо применять для изготовления валов с соответствующей термодинамической обработкой( закалка с 820-835 град. в масле и отпуск 520-530 град. в масле)

### Вопросы для самопроверки:

1. Дать определение стали
2. Перечислить основные компоненты стали, примеси.
3. Классификация углеродистых сталей по назначению.
4. Расшифровать марки сталей:

У8А

ВСт3кп

65

А20

1. Дать определение закалки
2. Назначение закалки.
3. Виды отпуска
4. Поверхностное упрочнение стали, виды.

## Практическое занятие 12.

### ВЫБОР МАРКИ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ИХ РАБОТЫ. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА.

Цель занятия — приобрести навыки в соответствии с ПК1.1-ПК1.6; ПК2.1-ПК2.3: работа со справочной литературой по выбору легированной стали для деталей в зависимости от условий работы.

Задание: Согласно задания своего варианта: 1) изучить условия работы по заданной детали или инструмента и требования, предъявляемые к ней; 2) выбрать марку легированной стали для изготовления детали или инструмента, изучить ее химический состав и механические свойства; 3) дать обоснование выбора материала для заданной детали или инструмента; 4) составить отчет о практическом занятии.

№ варианта	№ задачи	№ варианта	№ задачи
1	1,6,15	16	7,14,5
2	2,7,14	17	8,10,3
3	3,8,13	18	9,11,7
4	4,9,12	19	10,5,13
5	5,10,15	20	11,9,1
6	6,12,2	21	12,6,4
7	7,14,5	22	13,10,5
8	8,10,3	23	14,6,9
9	9,11,7	24	15,4,10
10	10,5,13	25	1,6,15
11	11,9,1	26	2,7,14
12	12,6,4	27	3,8,13
13	13,10,5	28	4,9,12
14	14,6,9	29	5,10,15
15	15,4,10	30	3,9,14

### Методические указания

Практическое занятие 2 аналогично первому по методике выбора стали для конкретных деталей.

Легированные стали после термической обработки (закалки и отпуска) обладают лучшими механическими свойствами, которые сравнительно мало отличаются от механических свойств углеродистой стали в изделиях малых сечений, а в изделиях крупных сечений (Диаметром свыше 15—20 мм) механические свойства легированных сталей значительно выше, чем углеродистых. Особенно сильно повышаются предел текучести, относительное сужение и удельная вязкость. Это объясняется тем, что легированные стали обладают меньшей критической скоростью закалки, а следовательно, лучшей прокаливаемостью. Из-за большей прокаливаемости и меньшей критической скорости закалки замена углеродистой стали легированной позволяет производить закалку деталей в менее резких охладителях (масло, воздух), что уменьшает деформации изделий и опасность образования трещин. Поэтому легированные стали применяют не только для крупных изделий, но и для изделий небольшого сечения, имеющих сложную форму. Чем выше в стали концентрация легирующих элементов, тем выше ее прокаливаемость.

Инструментальные стали, как имеющие высокие твердость, износостойкость и прочность, используют для режущих инструментов, штампов холодного и горячего деформирования, измерительных инструментов, различных размеров и форм.

Для характеристики и выбора инструментальных сталей следует учитывать прежде всего главное свойство этих сталей — теплостойкость, поскольку рабочая кромка инструментов в зависимости от условий эксплуатации может нагреваться до температуры 500—700°C у режущих инструментов и до 800°C — у штампов.

Стали для резания или горячего деформирования должны сохранять при нагреве высокие твердость, прочность и износостойкость, т. е. обладать теплостойкостью (красностойкостью). Это свойство создается легированием и термической обработкой. В связи с этим стали различают:

нетеплостойкие, сохраняющие высокую твердость (HRC 60) при нагреве не выше 190—225°C и используемые для резания мягких металлов с небольшой скоростью, а также для деформирования в холодном состоянии. Это углеродистые и легированные стали (с относительно невысоким содержанием легирующих элементов). Карбидная фаза их — цемент;

полутеплостойкие, преимущественно штамповые, рабочая кромка которых нагревается до 400—500°C. Это стали, легированные хромом и дополнительно вольфрамом, молибденом и ванадием. Карбидные фазы — легированный цементит и карбид хрома;

теплостойкие для резания с повышенной скоростью. Нагрев рабочей кромки до 500—650°C (быстрорежущие стали); штамповка стали при повышенном нагреве до 600—800°C. Основная карбидная фаза — карбид вольфрама (молибдена). Твердость HRC 60—62 у быстрорежущих сталей после нагрева до 600—680°C и HRC 45—52 у штамповых — 650—700°C.

При решении задач рекомендуется использовать учебные пособия, ГОСТы, справочники. Для получения навыков в выборе легированной стали в зависимости от условий их работы приводится примерное решение задачи.

**Задачи по выбору марки легированной стали в зависимости от условий их работы**

1. Щеки и шары машин для дробления руды и камней работают в условиях повышенного износа, сопровождаемого ударами.

Подберите сталь для изготовления щек и шаров, укажите ее химический состав и свойства.

2. Лопатки реактивных и турбореактивных двигателей работают в окислительной среде при высоких температурах (800—900°C). Металл должен обладать повышенной коррозионной стойкостью и прочностью при указанной температуре.

Подберите металл и сплав, укажите его состав и свойства.

3. Рессоры грузового автомобиля изготавливают из качественной легированной стали; толщина рессоры до 10 мм. Сталь должна обладать высокими пределами прочности, выносливости и упругости.

Подберите сталь, укажите ее состав и свойства в зависимости от термической обработки.

4. Сталь, применяемая для пароперегревателей котлов высокого давления, должна сохранять повышенные механические свойства при длительных нагрузках при температурах 500°C и иметь достаточно высокую пластичность для возможности выполнения холодной деформации (гибки, завальцовки и т.п.) при сборке котла. Подберите сталь, укажите ее состав и механические свойства при комнатной и повышенной температурах.

5. Детали приборов и оборудования, которые устанавливаются на морских судах, должны быть устойчивыми не только против действия воды, водяных паров и атмосферы воздуха, но и более сильного корродирующего действия морской воды.

Подберите сталь, укажите химический состав и механические свойства.

6. Крупные пневматические долота, применяемые при разработке горных пород, обладают относительно высокой твердостью и износостойкостью, но вместе с тем должны иметь достаточную вязкость, так как они испытывают в работе ударные нагрузки.

Подберите легированную сталь, укажите химический состав и режим термической обработки.

7. Завод выполняет токарную обработку чугуновых и стальных деталей с большой скоростью резания.

Выберите сплавы для резцов, обеспечивающие высокую производительность обработки стали и чугуна.

Приведите химический состав, структуру, твердость, прочность и теплостойкость и способ изготовления этих сплавов и сравните их с аналогичными характеристиками быстрорежущей стали.

8. Подберите сталь для червячных фрез, обрабатывающих конструкционные стали твердостью HB 230.

Объясните причины, по которым для этого назначения нецелесообразно использовать углеродистую инструментальную сталь У12 с высокой твердостью (HRC 63-64)

Укажите режимы термической обработки фрез из выбранной легированной стали.

9. Получение заготовок горячей деформации является производительным способом обработки.

Выберите марку стали для изготовления крупного молотового штампа; рекомендуйте режим термической обработки штампа, укажите микроструктуру и механические свойства после отпуска.

Объясните, почему подобные штампы не следует изготавливать из углеродистой стали.

10. Пружины приборов при нагреве даже в области критических температур могут изменять свои характеристики в связи с изменением модуля упругости. Это снижает точность работы приборов.

Подберите сталь для изготовления пружин, модуль упругости которого не изменяется при температурах до -220°C.

Укажите режим упрочнения стали.

11. Выберите марку стали для изготовления насосно-компрессорных труб. Металл должен обладать коррозионной стойкостью, прочностью.

Укажите его состав и механические свойства.

12. Выбрать сталь для изготовления рабочих колес центробежного насоса.

Указать механические свойства и обосновать выбор.

13. Выбрать сталь для изготовления пружин, работающих в агрессивной среде.

Указать механические свойства, обосновать выбор данной марки.

14. Выбрать сталь для изготовления хирургического скальпеля.

Указать механические свойства, химический состав и обосновать выбор.

15. Выберите марку стали для изготовления кулачковой муфты. Кулачки, муфты должны обладать высокой твердостью, износостойкостью поверхностей и общей прочностью.

Указать механические свойства, химический состав выбранной марки, дать обоснование.

### Пример решения типовой задачи по выбору марки легированной стали

**Задача.** Подберите легированную инструментальную сталь повышенной теплостойкости, пригодную для решения жаропрочных сталей, укажите ее марку и химический состав, термическую обработку и микро- структуру в готовом инструменте. Сопоставьте теплостойкость стали P12 и выбранной стали.

#### Решение.

При резании сталей и сплавов с аустенитной структурой (нержавеющих, жаропрочных и др.), получающих все более широкое применение в промышленности, стойкость инструментов и предельная скорость резания могут сильно снижаться по сравнению с получаемыми при резании обычных конструкционных сталей и чугунов с относительно невысокой твердостью (до HB 220—250). Это связано главным образом с тем, что теплопроводность аустенитных сплавов пониженная.

Вследствие этого теплота, выделяющаяся при резании, лишь в небольшой степени поглощается сходящей стружкой и деталью и в основном воспринимается режущей кромкой. Кроме того, эти сплавы сильно упрочняются под режущей кромкой в процессе резания, из-за чего заметно возрастают усилия резания.

Для резания подобных материалов, называемых труднообрабатываемые, малопригодны быстрорежущие стали умеренной теплостойкости типа P12, сохраняющие высокую твердость (HRC 60) и мартенситную структуру после нагрева не выше 615—620 °C.

#### Химический состав сталей, %

Марка стали	C	Mn	Si	Cr	W	Mo	V	Co
P18	0,85	0,3	0,3	3,6	12,5	1	1,7	-
P12Ф4К5	1,3	0,3	0,3	3,8	12,5	1	3,5	5,5
P8М3К6С	1,1	0,9	0,3	3,8	8	3,6	1,7	6

Для обработки аустенитных сплавов необходимо выбирать быстрорежущие стали повышенной теплостойкости, а именно кобальтовые стали сохраняют твердость HRC 60 после более высокого нагрева до 640—645°C.

Кроме того, кобальт заметно повышает теплостойкость быстрорежущей стали, а следовательно, снижает температуру режущей кромки из-за лучшего отвода тепла в тело инструмента. Стали с кобальтом имеют высокую твердость — до 68.

Для сверл и фрез, применяемых для резания аустенитных сплавов, рекомендуются кобальтовые сплавы марок P12Ф4К5 или P8М3К6С.

Термическая обработка кобальтовых сталей принципиально не отличается от обработки других быстрорежущих сталей.

Закалка до 1240-1250°C (P12Ф4К5) и 1210-1220°C (P8М3К6С), что необходимо для растворения большого количества карбидов и насыщения аустенита (мартенсита) легирующими элементами.

Более высокий нагрев недопустим: он вызывает рост зерна, что снижает прочность и вязкость. Структура после закалки: мартенсит, остаточный аустенит (15-30%) и избыточные карбиды, не растворяющиеся при нагреве и задерживающие рост зерна. Твердость HRC 60-62.

Затем инструменты отпускают при 550-560°C ( 3 раза по 60 минут). Отпуск:

а) вызывает выделение дисперсных карбидов мартенсита, что повышает твердость до HRC66-69

б) превращает мягкую составляющую- остаточный аустенит в мартенсит

в) снимает напряжения, вызываемые мартенситным превращением.

После отпуска инструмент шлифуют, а затем подвергают цианированию, чаще всего жидкому с выдержкой 15-30 минут в зависимости от сечения инструмента.

Твердость цианирования слоя на глубину 0,02-0,03мм достигает HRC69-70. Цианирование повышает стойкость инструмента на 50-80%.

После цианирования возможен кратковременный нагрев при 450-500°С с охлаждением в масле, поверхность инструмента приобретает синий цвет и несколько улучшает стойкость против воздушной коррозии.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Легированные стали, Дать определение.
2. Влияние легирующих элементов на свойства стали.
3. Классификация легированных сталей по назначению.
4. Расшифровать марки сталей:

P6M5Φ2K8

12X18H12T

ШХ20СГ

50ХГФА

H18K9M5T

1. Особенности термической обработки легированных сталей.
2. Прокаливаемость. Дать определение.
3. Закаливаемость. Дать определение.

#### Практическое занятие 13.

#### ВЫБОР МАРКИ СПЛАВА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ ДЕТАЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ РАБОТЫ

**Ц е л ь з а н я т и я:** приобрести навык в работе со справочной литературой по выбору сплава цветных металлов в зависимости от условий их работы.

**З а д а н и е:** Согласно задания своего варианта :1)изучить условия заботы заданной детали и требования, предъявляемые к ней; 2)выбрать сплав цветных металлов для изготовления заданной детали, изучить ее химический состав и механические свойства; 3)дать обоснование выбора сплава для заданной детали; 4)составить отчет о практическом занятии.

№ варианта	№ задачи	№ варианта	№ задачи
1	1,6,15	16	7,14,5
2	2,7,14	17	8,10,3
3	3,8,13	18	9,11,7
4	4,9,12	19	10,5,13
5	5,10,15	20	11,9,1
6	6,12,2	21	12,6,4
7	7,14,5	22	13,10,5
8	8,10,3	23	14,6,9
9	9,11,7	24	15,4,10
10	10,5,13	25	1,6,15

11	11,9,1	26	2,7,14
12	12,6,4	27	3,8,13
13	13,10,5	28	4,9,12
14	14,6,9	29	5,10,15
15	15,4,10	30	3,9,14

### Методические указания

Практическое занятие 3, как и предыдущие, учит пользоваться справочной литературой, умению самостоятельно разобраться в большом числе сплавов и подборе их для изготовления деталей.

Для изготовления деталей машин и механизмов используют медные, алюминиевые, магниевые и титановые сплавы.

Медные сплавы.

Наиболее применение имеют латуни марок Л62, Л68 – для получения листов, предназначенных для изготовления деталей методом глубокой штамповки; Л59, ЛС59-1 – для получения катаных и прессованных прутков, из которых изготавливают втулки, гайки, кольца и т. д.

Из специальных латуней благодаря высокой коррозионной стойкости и хорошим механическим свойствам получила широкое применение латунь марки ЛО70-1.

Алюминиевые бронзы БрА5, БрА7, БрПМц9-2 применяют для изготовления лент, полос, трубок. Бронзы БрАЖН10-4-4Л, БрАЖ9-4Л применяют для фасонного литья. Добавки в бронзу никеля, железа, марганца повышают ее сопротивление коррозии и улучшают механические свойства; например, бронза БрАЖН10-4-4 в результате закалки в воде при температуре 920С и последующего отпуска при температуре 650С имеет НВ 200-250.

Свинцовистая бронза БрС30 обладает высокими антифрикционными свойствами и применяется для сильно нагруженных подшипников с большими удельными давлениями (например, коронные подшипники турбин).

Алюминиевые сплавы обладают высокими свойствами, небольшим удельным весом и устойчивы против коррозии. Различают две группы алюминиевых сплавов: литейные и деформируемые. Литейные сплавы применяют для изготовления литейных деталей путем отливки в земляные и металлические формы. Деформируемые сплавы применяют для изготовления листов, проволоки, фасонных профилей и производства различных деталей путемковки, штамповки и прессования.

Магниевые сплавы представляют собой сплавы магния с алюминием, марганцем и цинком. Их широко применяют в промышленности - как литейные (МЛ2 – МЛ6), так и деформируемые (МА1 – МА5). Из указанных литейных сплавов наибольшее распространение получил сплав МЛ5, обладающий лучшей жидкотекучестью. Сплав МЛ5 для улучшения механических свойств закалывают (температура нагрева до 415С с последующим охлаждением на воздухе).

Деформируемые магниевые сплавы имеют большую вязкость, пластичность и прочность, чем литейные сплавы, и применяются для изготовления кованных и штампованных деталей. Для улучшения свойств магниевых сплавов в них вводят в небольших количествах бериллий, титан и другие элементы и подвергают термической обработке. При решении задач рекомендуется использовать учебные пособия, ГОСТы, справочники.

## **Задачи по выбору марки сплавов цветных металлов для конкретных деталей в зависимости от условий их работы**

1. Детали арматуры турбин и котлов гидронасосов работают во влажной атмосфере и изготавливают массовыми партиями литьем, имеют сложную форму и высокую точность размеров.

Подберите применяемый для этой цели цветной сплав и сталь для изготовления форм.

2. Трубки в паросиловых установках должны быть стойки против коррозии.

Подберите марку сплава на медной основе, пригодную для изготовления трубок, не содержащего дорогих элементов. Укажите способ изготовления трубок и сравните механические свойства выбранного сплава с механическими свойствами стали, стойкости против коррозии в тех же условиях.

3. Необходимо изготовить зубчатые колеса из сплавов, стойкого против действия воды и пара и обладающего небольшим коэффициентом трения. Предел прочности не ниже 340 МПа.

Объясните, почему в таких случаях не применяют нержавеющую сталь, стойкую против коррозии в условиях воды и пара. Укажите цветной сплав, пригодный для изготовления подобных зубчатых колес.

4. Детали самолетов: педали, рычаги, стойки педалей и т.п. изготавливают из сплава с хорошими литейными свойствами, обладающего, кроме того, хорошей обрабатываемостью резанием. Предел прочности сплава должен быть не ниже 220 МПа. Рекомендуйте состав сплава, укажите механические свойства его в готовом изделии и сопоставьте его свойства с аналогичными свойствами стали.

5. Вкладыши коренных и шатунных подшипников двигателей внутреннего сгорания изготавливают из сплавов, обладающих высокими антифрикционными свойствами.

Подберите состав сплава, укажите причины хорошей их работы в условиях износа и назовите сплавы, применяемые для заливки подшипников.

6. Бесшовные трубы опреснительных установок, подающие морскую воду, нагретую до 80-120°C, целесообразно для повышения их долговечности изготавливать из сплава со значительно большей стойкостью против коррозии в этих условиях, чем у нержавеющей стали 12X18H9T.

7. Сварные бензиновые и масляные баки, от материала которых не требуется высоких механических свойств, изготавливают в авиапромышленности из легких листов сплавов, обладающих повышенной стойкостью против коррозии, пластичностью и хорошей свариваемостью.

Подберите сплав, пригодный для данного назначения, и для сравнения приведите марку стали, стойкой против коррозии в указанных средах.

8. Червяк редуктора для уменьшения коэффициента трения часто изготавливают из стали, а венец колес - из сплава на медной основе.

Подберите марку и состав сплава для венца, колеса, обладающего высокими антифрикционными свойствами. Укажите для сравнения сталь для изготовления червяка редуктора диаметром 30 мм.

9. Выберите состав цветного сплава, обладающего высокой пластичностью, для изготовления деталей из листа способом глубокой вытяжки.

Укажите назначение термической обработки, применяемой между отдельными операциями вытяжки для повышения пластичности, и приведите для сравнения сталь с аналогичными свойствами.

10. Выберите латунь для изготовления на станках – автоматах винтов, болтов и гаек, которая позволяет получить чистую поверхность и высокую производительность. Сравните механические свойства выбранного сплава с аналогичными характеристиками латуни высокой вязкости и пластичности.

11. Выберите цветной сплав для изготовления резервуаров, используемых в пищевой промышленности. При необходимости назначьте режимы термической обработки, укажите механические свойства и химический состав сплава.

12. Выберите сплав для цветных металлов для изготовления седла клапанов двигателей. Выбранный сплав должен сохранять свои механические свойства при повышенных температурах (400/500С). Приведите для сравнения сталь с аналогичными свойствами.

13. Выберите марку стали для изготовления валов редуктора станка-качалки и укажите режим Т.О. и твердость готового вала. Предел текучести валов должен быть не ниже 540МПа. Приведите состав и марку стали, учитывая необходимость предотвращения деформации вала.

14. Выберите цветной сплав для изготовления шестерни зубчатой передачи, работающей в агрессивной среде. Сравните механические свойства выбранного сплава с аналогичными характеристиками конструктивной стали высокой коррозионной стойкости.

15. Выберите цветной сплав для изготовления теплообменников, работающих в азотной кислоте. Сравните механические свойства выбранного сплава с аналогичными характеристиками нержавеющей стали.

### **Пример решения типовой задачи по выбору марки цветного сплава**

**З а д а ч а.** Выберите марку цветного сплава для изготовления ряда деталей самолета. Укажите состав и характеристики механических свойств сплава после термической обработки. Опишите способ упрочнения этого сплава и объясните природу упрочнения.

#### **Решение.**

Сплав Д16  $\sigma_{0.2}=400\text{МПа}$ ,  $\sigma_{\text{в}}=540\text{МПа}$ ,  $\delta=11\%$ .

Сплавы Д16. В конструкциях средней и повышенной прочности, требующих повышенной долговечности при переменных нагрузках; в строительных конструкциях, не требующих высокой коррозионной стойкости, для изготовления ферм, а также для различных высоконагружаемых деталей и элементов-конструкций, за исключением штамповок и поковок. Ставятся в конструкциях, работающих при температуре до 250° С.

Сплав Д16 - наиболее распространенный сплав. Относится к системе Аl - Cu - Mg - Mn . Он интенсивно упрочняется термической обработкой. Сплав хорошо деформируется в горячем и холодном состоянии. Горячая деформация возможна в широком интервале температур от 350 0 до 450 ° С. Деформации при комнатной температуре сплав может подвергаться как в отожженном, так и в закаленном состоянии. Механические свойства полуфабрикатов после закалки и естественного старения в значительной мере зависят от условий предварительной обработки. Сплав Д16 удовлетворительно сваривается.

Сплав Д16 обладает более высокими пластическими характеристиками и жаропрочностью. При сварке термически упрочняемых сплавов сварной шов и околошовная зона значительно ослабляются, отчего снижается коррозионная стойкость. Поэтому сплавы этой группы относятся к несвариваемым. Сборку конструкций из этих сплавов осуществляют при помощи заклепочных и реже - болтовых соединений. Для

производства профилей, применяемых при изготовлении тяжелонагруженных конструкций используют сплав Д16.

Сплав Д16 в качестве ковочного не используют, но выпускают в широком ассортименте в виде прессованных и катаных изделий.

Д16 изготавливают детали растянутой зоны крыльев и обшивку фюзеляжей, для обшивки гермокабин.

Обшивку самолетов производят из сплава Д16 искусственно состаренного для увеличения коррозионной стойкости.

Упрочнение дуралюминов Д16 при термической обработке достигается в результате образования зон Гинье-Перстона сложного состава или упрочняющих фаз  $\text{CuAl}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{CuMg}$ . Именно поэтому медь и магний в дуралюминах является главными легирующими компонентами, определяющими природу сплава

#### Вопросы для самопроверки:

1. Медные сплавы, Перечислить, дать определение.
2. Сплавы алюминия, свойства, применение.
3. Титан и его сплавы.
4. Деформируемые и литейные магниевые сплавы. Назначение, свойства.
5. Расшифровать марки сплавов:  
БрАЖМц 10-3-1,5

Л63

АЛ4

ВТ9

Д1

#### Приложение.

Марка стали	Назначение
ВСтЗсп	Несущие элементы сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах. Фасонный и листовой прокат - для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках.
ВСт5пс	Детали клепаных конструкций, болты, гайки, ручки, тяги, втулки, ходовые валики, клинья, цапфы, рычаги, упоры, штыри, пальцы, стержни, звездочки, трубчатые решетки, фланцы и др. детали, работающие в интервале температур от 0 до +425С; поковки сечением до 800 мм.
Сталь10	Детали, работающие при температурах от -40 до 450С, к которым предъявляются требования высокой пластичности, после химико-термической обработки – детали с высокой поверхностной твердостью при невысокой прочности сердцевины.
Сталь 35	Детали невысокой прочности, испытывающие небольшие напряжения: оси, цилиндры, коленчатые валы, шатуны, шпиндели, звездочки, тяги, ободы, траверсы, бандажи, диски и другие детали.
Сталь 45	Вал-шестерни, коленчатые и распределительные валы, шестерни, шпиндели, бандажи, цилиндры, кулачки и другие нормализованные, улучшаемые и подвергаемые поверхностной термообработке детали, от которых требуется повышенная прочность.
Сталь 60	Цельнокатанные колеса вагонов, валки рабочие листовых станков для горячей прокатки металлов, шпиндели, бандажи, диски сцепления, пружинные кольца амортизаторов, замочные шайбы, регулированные шайбы, регулировочные прокладки и другие детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и износостойкости.
А20	Мелкие детали машин и приборов, малонагруженные детали сложной

	конфигурации, к которым предъявляются требования высокой точности размеров и качества поверхности, после цементации и цианирования – малонагруженные детали, к которым предъявляются требования износостойкости и повышенного качества поверхности.
A40Г	Детали сложной формы, обрабатываемые на станках-автоматах, и детали, к которым предъявляются повышенные требования к чистоте поверхности, работающие при повышенных напряжениях и давлениях: оси, валики, втулки, кольца, шестерни, пальцы, винты, болты, гайки, ходовые винты.
15Х	Втулки, пальцы, шестерни, валики, толкатели и другие цементуемые детали, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости при невысокой прочности сердцевины, детали, работающие в условиях износа при трении.
40Х	Оси, валы, вал-шестерни, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы, кольца, шпиндели, оправки, рейки, зубчатые венцы, болты, полуоси, втулки и другие улучшаемые детали повышенной прочности.
15ХСНД	Элементы сварных металлоконструкций и различные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы и работающие при температуре от -70 до 450С.
20ХН	Шестерни, втулки, пальцы, детали крепежа и другие детали, от которых требуется повышенная вязкость и умеренная прокаливаемость.
30ХГС	Различные улучшаемые детали: валы, оси, зубчатые колеса, тормозные ленты моторов, фланцы, корпуса обшивки, лопасти компрессорных машин, рычаги, толкатели, ответственные сварные конструкции, работающие при знакопеременных нагрузках, крепежные детали.
45ХН2МФА	Торсионные валы, коробки передач и другие нагруженные детали, работающие повторно- переменных нагрузках и испытывающие динамические нагрузки.
25ХГТ	Нагруженные зубчатые колеса и другие детали, твердость которых более HRC 59
38ХГН	Детали экскаваторов, крепеж, валы, оси, зубчатые колеса, серьги и другие ответственные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности.
ШХ15	Шарики диаметром до 250 мм, ролики диаметром до 23 мм, кольца подшипников с толщиной стенки до 14 мм , втулки плунжеров, плунжеры, нагнетательные клапаны, корпуса распылителей, ролики толкателей и другие детали, от которых требуется высокая твердость, износостойкость и контактная прочность.
ШХ15СГ	Крупногабаритные кольца шарико- и роликоподшипников со стенками толщиной более 20-30 мм; шарики диаметром более 50 мм; ролики диаметром более 35 мм.
60Г	Плоские и круглые пружины, рессоры, пружинные кольца и другие детали пружинного типа, от которых требуются высокие упругие свойства и износостойкость; бандаж, тормозные барабаны и ленты, скобы, втулки и другие детали общего и тяжелого машиностроения.
50ХФА	Тяжелонагруженные ответственные детали, к которым предъявляются требования высокой усталостной прочности, пружины, работающие при температурах до 300С и другие детали.
70С3А	Тяжелонагруженные пружины ответственного назначения.
У7А,У7	Инструмент, который работает в условиях, не вызывающих разогрева рабочей кромки: зубила, долота, бородки, молотки, лезвия ножниц для резки металла, топоры, колуны, стамески, плоскогубцы комбинированные, кувалды.

У10,У10А	Инструмент, работающий в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки: метчики ручные, рашпили, надфили, пилы для обработки древесины, матрицы для холодной штамповки, гладкие калибры, топоры.
У12,У12А	Режущие инструменты, работающие в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки: метчики ручные, метчики машинные мелкогабаритные, плашки для круп, развертки мелкогабаритные, надфили, измерительный инструмент простой формы: гладкие калибры, скобы.
9ХС	Сверла, развертки, метчики, плашки, гребенки, фрезы, машинные штампы, клейма для холодных работ. Ответственные детали, материал которых должен обладать повышенной износостойкостью, усталостной прочностью при изгибе, кручении, контактном нагружении, а также упругими свойствами.
Х12МФ	Профилировочные ролики сложных форм, секции кузовных штампов сложных форм, сложные дыропрошивные матрицы при формовке листового металла, эталонные шестерни, накатные плашки, волокна, матрицы и пуансоны вырубных просечных штампов со сложной конфигурацией рабочих частей, штамповки активной части электрических машин.
6ХВГ	Пуансоны сложной формы для холодной прошивки преимущественно фигурных отверстий в листовом и полосовом материале, небольшие штампы для горячей штамповки, главным образом, когда требуется минимальное изменение размеров при закалке.
Р6М5К5	Для обработки высокопрочных нержавеющих и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного разогрева режущей кромки.
Р9	Для изготовления инструментов простой формы, не требующих большого объема шлифовки, для обработки обычных конструкционных материалов.
Р18	Резцы, сверла, фрезы, резьбовые фрезы, долбяки, развертки, венкеры, метчики, протяжки для обработки конструкционных сталей с прочностью до 1000 МПа, от которых требуется сохранение режущих свойств при нагревании во время работы до 600С.
Р9М4К8	Для обработки высокопрочных нержавеющих и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного разогрева режущей кромки: зуборезный инструмент, фрезы, фасонные резцы, зенкеры, метчики.
12Х17	Крепежные детали, валики, втулки и другие детали аппаратов и сосудов, работающих в разбавленных растворах азотной, уксусной, лимонной кислоты, в растворах солей, обладающих окислительными свойствами. Сталь коррозионно-стойкая и жаропрочная до 850С ферритного класса.
08Х17Т	Изделия, работающие в окислительных средах, а также в атмосферных условиях, кроме морской атмосферы, в которой возможна точечная коррозия. Теплообменники, трубы. Сварные конструкции, не подвергающиеся действию ударных нагрузок и работающие при температуре не ниже -20С. Сталь жаростойкая, коррозионно-стойкая ферритного класса.
25Х13Н2	Детали с повышенной пластичностью, подвергающиеся ударным нагрузкам (клапаны гидравлических прессов, предметы домашнего обихода), а также изделия, подвергающиеся действию слабоагрессивированных сред (атмосферные осадки, водные растворы солей органических кислот при комнатной температуре и др.). Сталь коррозионно-стойкая мартенситного класса.
10Х23Н18	Листовые стали, трубы, арматура (при пониженных нагрузках), работающие при 1000° С. Сталь жаростойкая, жаропрочная, аустенитного класса.

Химический состав углеродистых конструкционных сталей, %

Марка стали	C	Mn	Si	P	S	Cr	Cu	As
				не более				
ВСт3сп	0,14-0,2	0,4-0,65	0,12-0,3	0,04	0,05	0,3	0,3	0,08
ВСт5пс	0,28-0,37	0,5-0,8	0,05-0,17	0,04	0,05	0,3	0,3	0,08
Сталь10	0,07-0,14	0,35-0,65	0,17-0,37	0,035	0,04	0,15	0,25	0,08
Сталь 35	0,32-0,40	0,5-0,80	0,17-0,37	0,035	0,04	0,25	0,25	0,08
Сталь 45	0,42-0,50	0,50-0,80	0,17-0,37	0,035	0,04	0,25	0,25	0,08
Сталь 60	0,57-0,65	0,5-0,80	0,17-0,37	0,035	0,04	0,25	0,25	0,08
A20	0,17-0,24	0,7-1,0	0,15-0,35	0,06	0,08-0,15	-	-	-
A40Г	0,37-0,45	1,2-1,55	0,15-0,35	0,05	0,18-0,3	-	-	-

Химический состав конструкционных легированных сталей, %

Марка стали	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ti	S	P	Ni	Cu
								Не более			
15X	0,12-0,18	0,17-0,37	0,4-0,7	0,7-1,0	-	-	-	0,035	0,035	0,3	0,3
40X	0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,80	0,8-1,1	-	-	-	0,035	0,035	0,3	0,3
15XCHД	0,12-0,18	0,4-0,7	0,4-0,7	0,6-0,9	-	-	-	0,035	0,04	0,008	-
20XH	0,17-0,23	0,17-0,37	0,4-0,70	0,45-0,75	-	-	-	0,035	0,035	1,0-1,4	0,3
30XГC	0,28-0,35	0,9-1,2	0,8-1,1	0,8-1,1	-	-	-	0,035	0,035	0,3	0,3
45XH2MФА	0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,80	0,8-1,1	0,2-0,3	0,1-0,18	-	0,025	0,025	-	0,3
25XГT	0,22-0,29	0,17-0,37	0,8-1,1	1,0-1,3	-	-	0,03-0,09	0,035	0,035	0,3	0,3
38XГH	0,35-0,43	0,17-0,37	0,8-1,1	0,5-0,8	-	-	-	0,035	0,035	0,7-1,0	0,3
ШX15	0,95-1,05	0,17-0,37	0,2-0,4	1,3-1,65	-	-	-	0,02	0,02	0,3	0,2
ШX15CГ	0,95-1,05	0,4-0,65	0,9-1,2	1,3-1,65	-	-	-	0,02	0,027	0,3	0,2
60Г	0,57-	0,17-	0,7-	0,25	-	-	-	0,035	0,035	0,25	0,2

	0,65	0,37	1,0								
50ХФА	0,46-0,54	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1	-	0,1-0,20	-	0,025	0,025	0,25	0,2
70СЗА	0,66-0,74	2,4-2,8	0,6-0,9	0,3	-	-	-	0,025	0,025	0,25	0,2

Химический состав углеродистых инструментальных сталей, %

Марка стали	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
				Не более				
У7А	0,66-0,73	0,17-0,28	0,17-0,33	0,018	0,025	0,2	0,2	0,2
У7	0,66-0,73	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,03	0,2	0,25	0,25
У10	0,96-1,03	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,03	0,2	0,25	0,25
У10А	0,96-1,03	0,17-0,28	0,17-0,33	0,018	0,025	0,2	0,2	0,2
У12	1,16-1,23	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,03	0,2	0,25	0,25
У12А	1,16-1,23	0,17-0,28	0,17-0,33	0,018	0,025	0,2	0,2	0,2

Химический состав легированных инструментальных сталей, %

Марка стали	C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	S	P	Ni	Cu
								Не более			
9ХС	0,85-0,95	1,2-1,6	0,3-0,60	0,95-1,25	0,2	0,15	0,2	0,03	0,03	0,35	0,3
Х12МФ	1,45-1,65	0,1-0,4	0,15-0,45	11,0-12,5	-	0,15-0,3	0,4-0,6	0,03	0,03	0,35	0,3
6ХВГ	0,55-0,7	0,15-0,35	0,9-1,2	0,5-0,8	0,5-0,8	-	0,3	0,03	0,03	0,35	0,3
Р6М5К5	0,84-0,92	0,5	0,5	3,8-4,3	5,7-6,7	1,7-2,10	4,8-5,3	0,03	0,03	0,4	-
Р9	0,85-0,95	0,5	0,5	3,8-4,4	8,5-9,5	2,3-2,7	1,0	0,03	0,03	0,4	-
Р18	0,73-0,83	0,5	0,5	3,8-4,4	17,0-18,5	1,0-1,4	1,0	0,03	0,03	0,4	-
Р9М4К8	1,0-1,1	0,5	0,5	3,0-3,6	8,5-9,5	2,3-2,7	3,8-4,3	0,03	0,03	0,4	-

### Химический состав коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных сталей.

Марка стали	C	Si	Mn	Cr	S	P	Ti	Cu	Ni
					Не более				
12X17	0,12	0,8	0,8	16,0-18,0	0,025	0,035	0,2	0,3	0,6
08X17T	0,08	0,8	0,8	16,0-18,0	0,025	0,035	0,8	0,3	0,6
25X13H2	0,2-0,3	0,5	0,8-1,2	12,0-14,0	0,15-0,25	0,08-0,15	0,2	0,3	1,5-2
10X23H18	0,1	1,0	2,0	22,0-25,0	0,02	0,035	0,2	0,3	17,0-2

### Ориентировочные режимы термической обработки и механические свойства легированных конструкционных сталей

Марка стали	Температура Нагрева под Закалку, С	Температура Отпуска, С	Механические свойства		
			твёрдость	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %
30X	825-870	540-580	HB207-229		
40X	825-860	300-400		730-780	14-18
		400-500	HRC 52-45	-	-
		500-600	HRC 45-36	-	-
45X	820-850	500-580		-	-
		600-650	HRC 36-30	980	9
40XФА	840-880	450-400		830	10
		620-680	HB280-300	1070	8
40XГ	840-880	550-600		880	10
40XГТ	850-880	500-520	HB230-280	980	10
30XГТ	860-890	460-520		1070	12
		560-600	HRC 35-40	1080-1420	-
35XГС	860-880	640-600		980-1070	-
30XM	860-890	640-660	HB 255	740	16
		540-560	HB272-300	1170-1270	-
40XH	800-840	550-600		880-1070	-
30XH3A	810-840	530	-	830-930	14-16
37XH3A	810-840	200-220	HRC 45-52	1560	9
40XHMA	840-850	525-575	HB321-387	1070	10
		200-330	HRC 48-53	1610	9
		610	HB 302	1070	12

**Ориентировочные режимы термической обработки быстрорежущей стали.**

Марка стали	Отжиг		Закалка	Отпуск			
	Температура нагрева	Твердость, HB	Температура нагрева	Охлажд. среда	HRC	Температура нагрева	HRC
P9	850-870	210-255	1225-1240	Масло и воздух	60-61	560	62
P9M	850-870	210-255	1225-1240	-//-	60-61	560	62
P18	850-870	210-255	1270-1285	-//-	60-62	560	62
P18M	850-870	210-255	1270-1285	-//-	60-62	560	62