

**КРАЕВОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«АЛТАЙСКИЙ КОЛЛЕДЖ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И БИЗНЕСА»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ**

по учебной дисциплине ОП.12 Основы автоматики холодильной установки

программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности СПО

**15.02.06 Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт холодильно -
компрессорных и теплонасосных машин и установок (по отраслям)**

направленность – Техник по холодильно-вентиляционной технике и системам
кондиционирования воздуха

Бийск 2026

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

«Проведение исследований и испытаний материалов»

ЦЕЛЬ:

изучить методику испытаний материалов;

определить влияние механических свойств на эксплуатационные качества конструкционных материалов

1.ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ:

конспект, чертежные принадлежности, компьютер, видеоролик, таблицы

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ:

Машина для испытания на растяжение сжатие

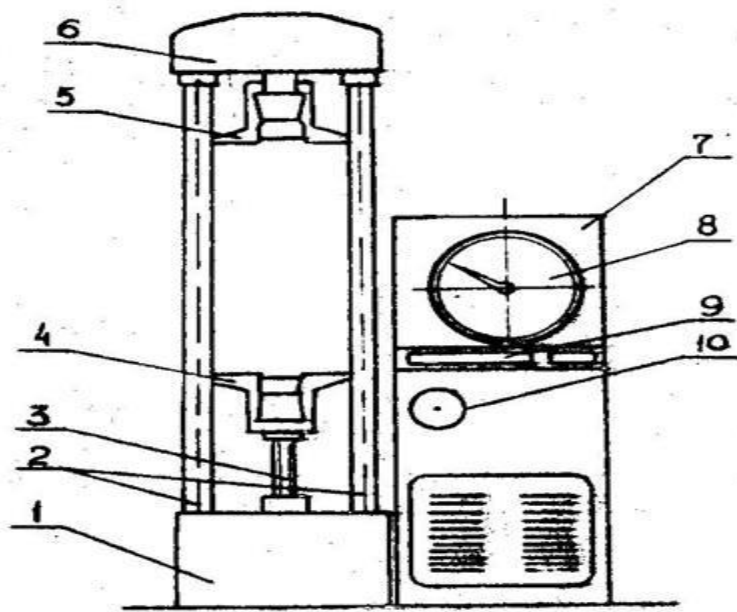


Рис. 1

Данная машина предназначена для проведения испытаний на растяжение, сжатие и изгиб с максимальным усилием до 100 кН. Она состоит из самой машины и пульта управления. Основные узлы: 1 — основание; 4, 5 — нижняя и верхняя траверса; 6 — поперечная траверса; 7 — пульт управления. Основание (1) выполнено в виде литой конструкции, где установлены колонны (2) и червячный привод. Приводной двигатель расположен на основании пульта управления (7), который через клиноременные шкивы передает вращение на вал червячной передачи. Червячное колесо надето на гайку ходового винта (3). Ходовой винт соединен через съемный шпиндель с нижней траверсой (4). Направление движения траверсы осуществляется по ходовым каткам. Верхняя траверса (5) закреплена на поперечной траверсе (6) и жестко соединена с датчиком измерения усилия. На верхней и нижней траверсе устанавливаются захваты для испытываемых образцов. На пульте управления (7)

размещаются: стрелочный динамометр (8), панель управления, ручной привод (10), регистрирующее устройство (9).

Общий вид машины



Рис. 2

Испытания проводят на стандартных образцах круглой или плоской формы

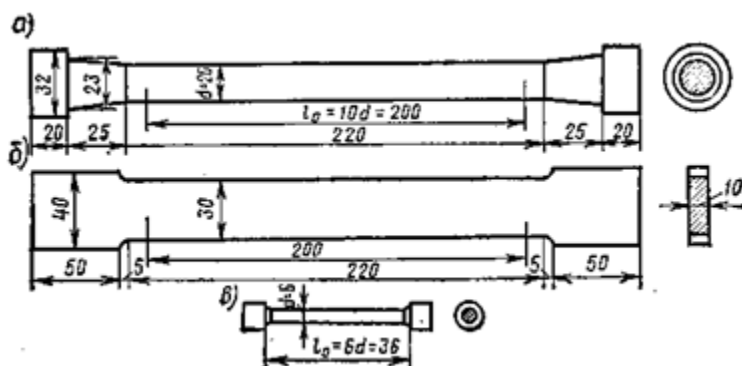


Рис. 3

2.1. Методика испытаний

Механические свойства металлов и сплавов - это величины, полученные при стандартизованных механических испытаниях образцов и, характеризующие сопротивляемость материалов пластической деформации и разрушению при заданных условиях испытаний.

Основными видами механических испытаний являются испытания на растяжение, изгиб, определение твердости, испытания на удар, усталостную выносливость.

Диаграмма растяжения образцов пластичных материалов

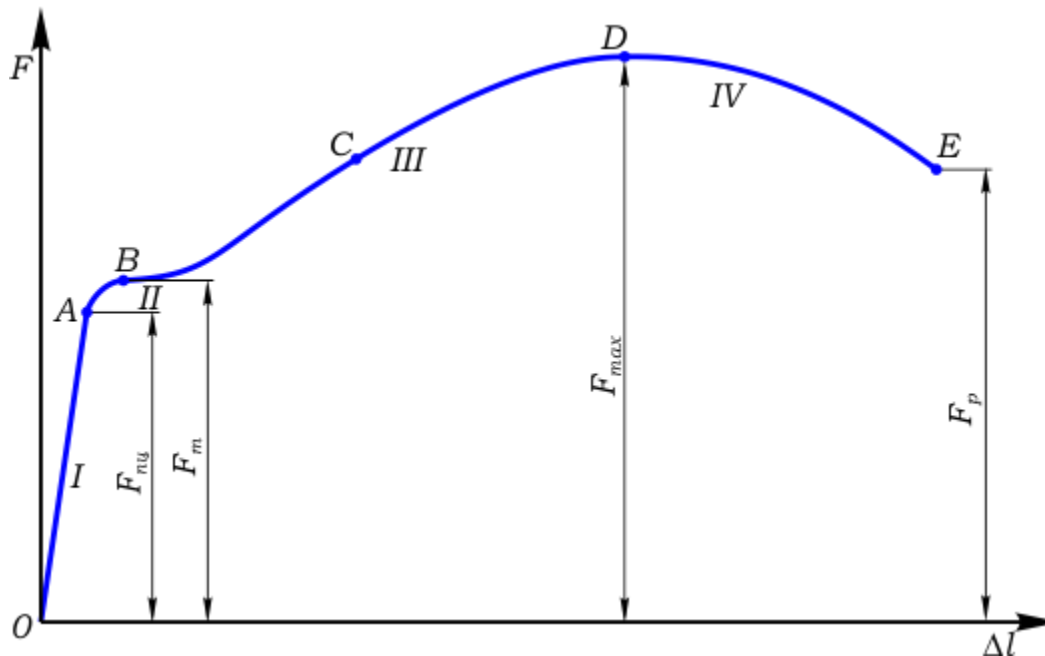


Рис.4

Как видно из рисунка, диаграмма имеет четыре характерных участка:

I - участок пропорциональности;

II - участок текучести;

III - участок самоупрочнения;

IV - участок разрушения.

Рассмотрим подробнее процесс построения диаграммы.

В самом начале испытания на растяжение, растягивающая сила F , а следовательно, и деформация Δl стержня равны нулю, поэтому диаграмма начинается из точки пересечения соответствующих осей (точка O).

На участке *I* до точки A диаграмма вычерчивается в виде прямой линии. Это говорит о том, что на данном отрезке диаграммы, деформации стержня Δl растут пропорционально увеличивающейся нагрузке F .

После прохождения точки A диаграмма резко меняет свое направление и на участке *II* начинающемся в точке B линия какое-то время идет практически параллельно оси Δl , то есть деформации стержня увеличиваются при практически одном и том же значении нагрузки.

В этот момент в металле образца начинают происходить необратимые изменения. Перестраивается кристаллическая решетка металла. При этом наблюдается эффект его самоупрочнения.

После повышения прочности материала образца, диаграмма снова "идет вверх" (участок III) и в точке *D* растягивающее усилие достигает максимального значения. В этот момент в рабочей части испытуемого образца появляется локальное утоньшение (рис. 2), так называемая "шейка", вызванное нарушениями структуры материала (образованием пустот, микротрещин и т.д.).



Рис. 5 Стальной образец с "шейкой"

Вследствие утоньшения, и следовательно, уменьшения площади поперечного сечения образца, растягивающее усилие необходимое для его растяжения уменьшается, и кривая диаграммы "идет вниз".

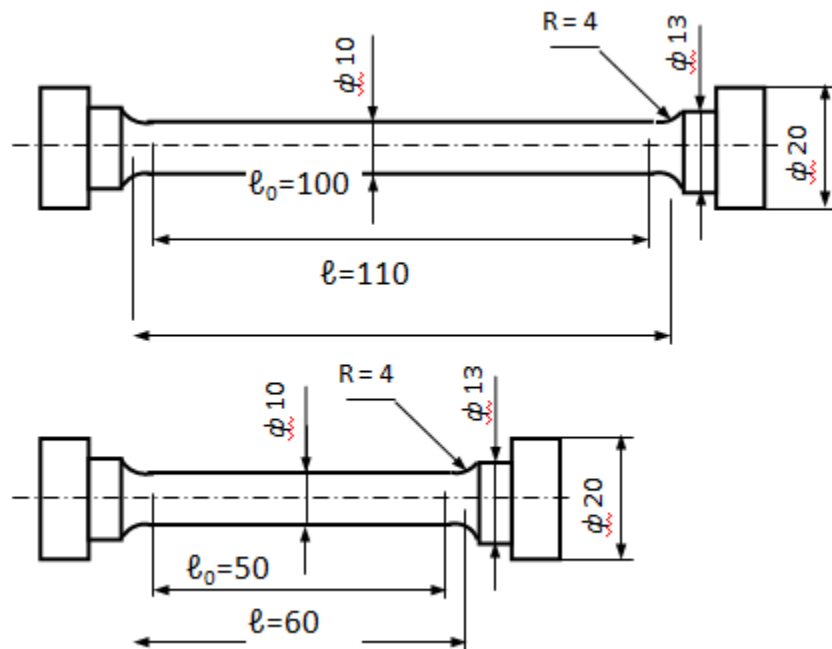
В точке *E* происходит разрыв образца. Разрывается образец конечно же в сечении, где была образована "шейка"

Работа затраченная на разрыв образца W равна площади фигуры образованной диаграммой. Ее приближенно можно вычислить по формуле:

$$W=0,8F_{max} \cdot \Delta l_{max}$$

По диаграмме также можно определить величину упругих и остаточных деформаций в любой момент процесса испытания.

При проектировании элементов конструкции и деталей машин необходимо знать механические и пластические свойства материалов. Для этого изготавливаются **стандартные образцы**, которые подвергаются разрушению в испытательной машине. Для испытания на растяжение рекомендуется применять цилиндрические и плоские образцы. Расчетная длина цилиндрических образцов должна быть равной $\ell_0=5d_0$ или $\ell_0=10d_0$. Образцы с расчетной длиной $\ell_0=5d_0$ называются короткими, а образцы с $\ell_0=10d_0$ – длинными. Применение коротких образцов предпочтительнее. В качестве основных применяют образцы диаметром $d_0=10$ мм. Образцы с меньшими (иногда большими) диаметрами или некруглого поперечного сечения называются пропорциональными. Расчетная длина ℓ_0 на образце отличается рисками.



Расчетную длину образца можно выразить через площадь поперечного сечения:

$$A_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4}, \quad d_0 = \sqrt{\frac{4A_0}{\pi}} = 1,13\sqrt{A_0}$$

Таким образом, для коротких образцов:

$$\ell_0 = 5,65\sqrt{A_0}$$

для длинных образцов:

$$\ell_0 = 11,3\sqrt{A_0}.$$

Эти соотношения используются для определения расчетной длины образцов прямоугольного поперечного сечения.

Соотношения между рабочей ℓ и расчетной ℓ_0 длинами принимают:

для цилиндрических образцов: от $\ell = \ell_0 + 0,5d_0$ до $\ell = \ell_0 + 3d_0$;

для плоских образцов толщиной 4 мм и больше:

$$\text{от } \ell = \ell_0 + 1,5\sqrt{A_0} \text{ до } \ell = \ell_0 + 2,5\sqrt{A_0}$$

Основной задачей испытания на растяжение является построение диаграммы растяжения, т. е. зависимости между силой, действующей на образец и его удлинением.

Основными механическими характеристиками являются:

Предел пропорциональности: $\sigma_{\text{пц}} = F_{\text{пц}} / A_0$

Предел текучести: $\sigma_{\text{Т}} = F_{\text{Т}} / A_0$

Предел прочности: $\sigma_{\text{в}} = F_{\text{в}} / A_0$

Характеристики пластичности:

относительное удлинение

$$\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell}$$

относительное сужение

$$\psi = \frac{A_0 - A_{\text{ш}}}{A_0}$$

где $A_{\text{ш}}$ – площадь сечения образца (шейки) в самом узком месте после разрушения.

Удельная работа деформации: $a = F_{\text{в}} \Delta \ell / V$,

где V – объем испытуемого образца,

$$V = A_0 \cdot \ell_0.$$

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете по практической работе должны быть следующие разделы:

1. Описать методику испытаний на растяжение (сжатие)
2. Охарактеризовать диаграмму растяжения с характерными точками
3. Составить таблицу механических свойств для различных материалов

Материалы	Прочность, МПа	Удлинение, %	Твердость, МН/м ²

Контрольные вопросы

1. Какие существуют основные показатели свойств материалов?
2. Какие параметры определяют техническую прочность материалов?
3. Что понимают под триботехникой?
4. Перечислите механические свойства материалов

ЛИТЕРАТУРА:

1. Адаскин, А.М., Зуев, В.М. Материаловедение (металлообработка). – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 240 с.
2. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение и слесарное дело: учебное пособие. - Ростов на Дону: Феникс, 2010. – 448с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

«Определение свойств металлов и сплавов по диаграмме железо-цементит»

1.ЦЕЛЬ:

- 1.1. Изучить диаграмму состояния железо-углерод.
- 1.2. Изучить микроструктуры углеродистых сталей в равновесном (отожженном) состоянии. Установить зависимость между структурами и механическими свойствами углеродистых сталей.
- 1.3. Изучить микроструктуры белых, серых, высокопрочных и ковких чугунов. Установить зависимость между составом, условиями получения, структурами и механическими свойствами чугунов.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

- 2.1. Ознакомиться с диаграммой состояния железо-углерод.
- 2.2. Ознакомиться с построением кривых охлаждения отдельных сплавов системы железо-углерод.
- 2.3. Ознакомиться с зависимостью механических свойств углеродистых сталей от содержания углерода.
- 2.4. Изучить и зарисовать микроструктуры углеродистых сталей и чугунов. Обозначить названия структурных составляющих.
- 2.5. Оформить отчет к практической работе.

3. ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ:

конспект, чертежные принадлежности, компьютер, видеоролик, таблицы
определение структуры металла видео

Для просмотра видео. У вас должен быть установлен Flash Player, а также браузер с включенным JavaScript. ...
Виртуальный лабораторный комплекс «Определение твердости металлов и сплавов».

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ:

3.1. Компоненты и фазы в сплавах железа с углеродом

Железо - металл сероватого цвета. Температура плавления - 1539 °С. Железо имеет две полиморфные модификации α , γ и δ . Модификация α существует при температурах ниже 911 °С. Кристаллическая решетка α -железа - объемно центрированный куб (ОЦК) с периодом решетки 0,28606 нм. Плотность α -железа 7,68 Мг/м³. Вторая модификация γ -железо (Fe_γ) существует при температуре 911 - 1392 °С. Кристаллическая решетка - гранецентрированная кубическая (ГЦК) с периодом 0,3645 нм. В интервале 1392 - 1539 °С существует δ -железо с кристаллической решеткой объемно центрированного куба (ОЦК) с периодом решетки 0,293 нм.

Углерод - неметаллический элемент II периода IV группы периодической системы, атомный номер 6, плотность 2,5 Мг/м³, температура плавления 3500 °С, атомный радиус 0,077 нм. В обычных условиях углерод находится в виде модификации графита, но может существовать в виде алмаза.

В системе *железо - углерод* различают следующие фазы: жидкий расплав, твердые растворы – α -феррит, δ -феррит и аустенит, а также цементит и графит.

Феррит (Ф) - твердый раствор углерода и других примесей в ОЦК-железе. Атом углерода располагается в решетке феррита в центре грани куба, где помещается сфера радиусом 0,031 нм, а также в дефектах кристаллической решетки. Предельная растворимость углерода в α -феррите 0,02% при температуре 727 °С и менее 0,01% при комнатной температуре, растворимость в δ -феррите - 0,1 %. Под микроскопом феррит выявляется в виде однородных полиэдрических (многогранных) зерен. Твердость и прочность феррита невысоки ($\sigma_b=250$ МПа, HB =800 МПа).

Аустенит (А) - твердый раствор углерода и других примесей в γ -железе. Предельная растворимость углерода в γ -железе - 2,14 % при температуре 1147°С и 0,8% при 727 °С. Атом углерода располагается в центре куба, в котором может разместиться сфера радиусом 0,051 нм, и в дефектных областях кристалла.

Цементит (Ц) - химическое соединение железа с углеродом - карбид железа Fe_3C , содержащий 6,67% С. Цементит имеет сложную ромбическую решетку с плотной упаковкой атомов. Температура плавления цементита точно не определена (около 1260°С). К характерным особенностям цементита относятся высокая твердость (HB - 8000 МПа) и очень малая пластичность (δ около 0%).

Графит (Гр) имеет гексагональную слоистую кристаллическую решетку. Межатомные расстояния в слоях небольшие (0,142 нм), расстояние между плоскостями - 0,340 нм. Графит мягок, обладает низкой прочностью.

3.2. Диаграмма состояния железо-углерод

Наличие двух высокоуглеродистых фаз (графита и цементита) приводит к появлению двух диаграмм состояния: метастабильной - *железо-цементит* и стабильной - *железо-графит*. Свободная энергия цементита всегда больше, чем свободная энергия графита.

Кристаллические структуры цементита и аустенита близки, тогда как кристаллические структуры аустенита и графита существенно различны. По составу аустенит и цементит ближе друг к другу и составу жидкой фазы, чем аустенит и графит (аустенит содержит до 2,14 %С, цементит - 6,67 %С, жидкая фаза - от 2,14 до 6,67 %С, графит – 100 %С. Поэтому образование цементита из жидкости или из аустенита происходит легче, работа образования зародыша, как и необходимые диффузионные изменения, меньше в случае кристаллизации цементита, чем при кристаллизации графита, несмотря на меньший выигрыш свободной энергии. Диаграмма состояния железо-цементит приведена на рис.1.

Линии диаграммы: *ABCBD* (линия ликвидус - место точек начала кристаллизации) и *АНJECF* (линия солидус - место точек конца кристаллизации) характеризуют начало и конец первичной кристаллизации, происходящей при затвердевании жидкой фазы. Линии *ES* и *PQ* показывают предельную растворимость углерода соответственно в аустените и феррите. При понижении температуры растворимость уменьшается и избыток углерода выделяется в виде цементита. Цементит, выделяющийся из жидкого сплава, принято называть первичным, из аустенита - вторичным, из феррита - третичным.

Три горизонтальные линии *HJB*, *ECF* и *PSK* указывают на протекание трех превращений при постоянной температуре. При 1499 °С (горизонталь *HJB*) происходит перитектическая реакция $L_B + \Phi_H \rightarrow A_J$. В результате реакции образуется аустенит.

При 1147°С (горизонталь *ECF*) протекает эвтектическая реакция $L_C \rightarrow A_E + \Pi$ (жидкость, состав которой соответствует точке С, превращается в эвтектическую смесь аустенита, состав которого соответствует точке *E*, и цементита, называемую ледебуритом).

При 727 °С (горизонталь *PSK*) протекает эвтектоидная реакция $A \rightarrow \Phi_P + \Pi$ (в отличие от эвтектики, образующейся из жидкости, эвтектоид возникает из твердых фаз). Продукт превращения - эвтектоидная смесь феррита и цементита, называемая перлитом. Перлит чаще имеет пластинчатое строение, т.е. состоит из чередующихся пластинок феррита и цементита. После специальной термической обработки перлит может иметь зернистое строение.

Однофазные области диаграммы $Fe - Fe_3C$: жидкий расплав (L) - выше линии $ABCD$, феррит (Φ) – области ANH и GPQ , аустенит (A) - область $JESGN$.

Двухфазные области диаграммы: AHB - в равновесии находится жидкий расплав и кристаллы δ -феррита, NHJ - в равновесии кристаллы δ -феррита и аустенита, $JECB$ - в равновесии жидкий расплав и кристаллы аустенита, CDF - в равновесии жидкий расплав и кристаллы цементита, $SECFK$ - в равновесии кристаллы аустенита и цементита, GSP - в равновесии кристаллы аустенита и α -феррита, $QPSKL$ - в равновесии кристаллы α - феррита и цементита.

Сплавы железа с углеродом, содержащие до 0,02% С, называют техническим железом.

Сплавы железа с углеродом при содержании углерода от 0,02 до 2,14% носят название сталей (от 0,02 до 0,8% - доэвтектоидные стали, от 0,8 до 2,14 % - заэвтектоидные стали)

Контрольные вопросы:

1. Что называется сплавом железа с углеродом?
2. Назовите структурные составляющие железоуглеродистых сплавов?
3. Какой сплав называется сталью?
4. Какой сплав называют чугуном?
5. Каковы свойства углерода?

ЛИТЕРАТУРА:

1. Адаскин, А.М., Зуев, В.М. Материаловедение (металлообработка). – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 240 с.
2. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение и слесарное дело: учебное пособие. - Ростов на Дону: Феникс, 2010. – 448с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

«Определение структуры металлов и сплавов в зависимости от их термической обработки»

ЦЕЛЬ: Определить влияние термообработки на структуру металлов и сплавов

ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ:

конспект, чертежные принадлежности, компьютер, видеоролик, таблицы

ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ:

Исследование структур металлов и сплавов производится методами макро- и микроанализа, рентгеновского, спектрального, термического, а также дефектоскопии (рентгеновской, магнитной, ультразвуковой).

Методом микроанализа изучается макроструктура, т. е. структура, видимая невооруженным глазом или с помощью лупы, при этом выявляются крупные дефекты: трещины, усадочные раковины, газовые пузыри и т. д., а также неравномерность распределения примесей в металле, и расположение волокна в поковках, прокате и т. д. Макроструктуру определяют по изломам металла, по макрошлифам.

Макрошлиф - это образец металла или сплава, одна из сторон которого отшлифована, протравлена и рассматривается при помощи лупы.

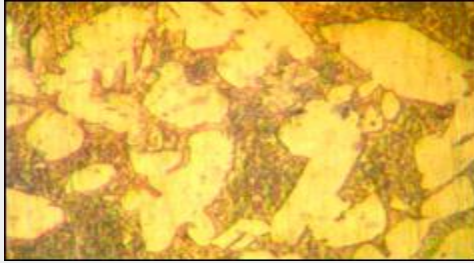


Рис. 1 Микрошлиф (источник: <http://go.mail.ru>)

Микроанализ выявляет структуру металла или сплава по микрошлифам, рассматриваемым под микроскопом при увеличении до 2000х, а в электронных микроскопах — до 25 000х. Этот важнейший анализ определяет размеры и форму зерен, структурные составляющие, микродефекты, лежащие под поверхностью, качество термической обработки. Зная микроструктуру, можно объяснить причины неудовлетворительности свойств металла, не производя их исследование.

С помощью **рентгеновского** анализа изучают структуру кристаллов, а также дефекты, лежащие в глубине. Этот анализ позволяет обнаружить дефекты, не разрушая металла. Широко применяют для исследования структуры металла гамма-лучи, проникающие в изделие на значительно большую глубину, чем рентгеновские.

Магнитным методом исследуют дефекты в магнитных металлах (стали, никеле и др.) на глубине до 2 мм (непровар в сварных швах, трещины и т. д.). **Ультразвуковым** методом осуществляются эффективный контроль качества изделий и заготовок любых металлов на большой глубине. Ультразвук используют для контроля качества роторов, рельсов, поковок, проката и других изделий при необходимости сохранения целостности изделий

Виды термообработки

Термическая обработка (термообработка) стали, цветных металлов — процесс изменения структуры стали, цветных металлов, сплавов при нагревании и последующем охлаждении с определенной скоростью.

Термическая обработка (термообработка) приводит к существенным изменениям свойств стали, цветных металлов, сплавов. Химический состав металла не изменяется.

Виды термической обработки стали

Отжиг — термическая обработка (термообработка) металла, при которой производится нагревание металла, а затем медленное охлаждение. Эта термообработка (т. е. отжиг) бывает разных видов (вид отжига зависит от температуры нагрева, скорости охлаждения металла).

Закалка — термическая обработка (термообработка) стали, сплавов, основанная на перекристаллизации стали (сплавов) при нагреве до температуры выше критической; после достаточной выдержки при критической температуре для завершения термической обработки следует быстрое охлаждение. Закаленная сталь (сплав) имеет неравновесную структуру, поэтому применим другой вид термообработки — отпуск.

Отпуск — термическая обработка (термообработка) стали, сплавов, проводимая после закалки для уменьшения или снятия остаточных напряжений в стали и сплавах, повышающая вязкость, уменьшающая твердость и хрупкость металла.

Нормализация — термическая обработка (термообработка), схожая с отжигом. Различия этих термообработок (нормализации и отжига) состоит в том, что при нормализации сталь охлаждается на воздухе (при отжиге — в печи). Нагрев заготовки

Нагрев заготовки — ответственная операция. От правильности ее проведения зависят качество изделия, производительность труда. Необходимо знать, что в процессе нагрева металл меняет свою структуру, свойства и характеристику поверхностного слоя и в результате от взаимодействия металла с воздухом атмосферы, и на поверхности образуется окалина, толщина слоя окалины зависит от температуры и продолжительности нагрева, химического состава металла. Стали окисляются наиболее интенсивно при нагреве больше 900°C, при нагреве в 1000°C окисляемость увеличивается в 2 раза, а при 1200°C — в 5 раз.

Хромоникелевые стали называют жаростойкими потому, что они практически не окисляются.

Легированные стали образуют плотный, но не толстый слой окалины, который защищает металл от дальнейшего окисления и не растрескивается при ковке.

Углеродистые стали при нагреве теряют углерод с поверхностного слоя в 2-4 мм. Это грозит металлу уменьшением прочности, твердости стали и ухудшается закаливание. Особенно пагубно обезуглероживание для поковок небольших размеров с последующей закалкой.

Заготовки из углеродистой стали с сечением до 100 мм можно быстро нагревать и потому их кладут холодными, без предварительного прогрева, в печь, где температура 1300°C. Во избежание появления трещин высоколегированные и высокоуглеродистые стали необходимо нагревать медленно.

При перегреве металл приобретает крупнозернистую структуру и его пластичность снижается. Поэтому необходимо обращаться к диаграмме «железо-углерод», где определены температуры для начала и концаковки. Однако перегрев заготовки можно при необходимости исправить методом термической обработки, но на это требуется дополнительное время и энергия. Нагрев металла до еще большей температуры приводит к пережогу, от чего происходит нарушение связей между зернами и такой металл полностью разрушается при ковке.

Таблица 1. Химический состав углеродистых сталей (некоторые марки конструкционных сталей).

Марка стали / номер варианта			Химический состав углеродистых сталей , примеси в %		
низкоуглеродистые	ВСт1кп	1	C	Mn	Si
	ВСт1пс	2	0,06...0,12	0,25...0,50	≤0,05
	ВСт1сп	3			0,05...0,17

	ВСт2кп	4	0,09...0,15		0,12...0,30
	ВСт2пс	5			$\leq 0,07$
	ВСт2сп	6			0,05...0,17
	ВСт1кп	7			0,12...0,30
	ВСт3кп	8	0,14...0,22	0,30...0,60	$\leq 0,07$
	ВСт3Гпс	9		0,40...0,65	0,05...0,17
	ВСт3сп	10			0,12...0,36

Углеродистая сталь обыкновенного качества подразделяется на три группы в соответствии с ГОСТ 380-94:

- Углеродистая сталь группы **А** поставляется по механическим свойствам и для производства сварных конструкций не используют (группа А в обозначении стали не указывается, например Ст3).

- Углеродистая сталь группы **Б** поставляется по химическому составу,

- Сталь группы **В** - по химсоставу и механическим свойствам.

Перед обозначением марок этих сталей указывают их группу, например БСт3, ВСт3. Полуспокойную сталь марок 3 и 5 производят с обычным и повышенным содержанием марганца. При повышенном содержании марганца в химическом составе углеродистой стали после номера марки стали ставят букву Г (см. таблицу 1). Стали ВСт1 - ВСт3 всех степеней раскисления и сталь ВСт3Гпс, а также стали БСт1 - БСт3 всех степеней раскисления и сталь БСт3Гпс (по требованию заказчика) поставляются с гарантией свариваемости. Для ответственных конструкций используют сталь группы В.

Ход работы:

1.Задание №1. Подобрать материал стали после отпуска и выписать ее химический состав из таблицы

2. Задание № 2. Зарисовать структуру стали.

3. Ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы:

1. Для чего нужна термообработка стали?

2. Какие из видов термообработки используются для сталей?

3. Чем отличается нормализация от отжига?

4. Меняется ли химический состав при термообработке ?

5. Когда происходит наибольшая окисляемость сталей при нагреве?

Литература:

3.Адаскин, А.М., Зуев, В.М. Материаловедение (металлообработка). – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 240 с.

4.Чумаченко Ю.Т. Материаловедение и слесарное дело: учебное пособие. - Ростов на Дону: Феникс, 2005. – 448с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

«Определение видов конструкционных материалов»

ЦЕЛЬ:

научиться по виду распознавать конструкционные материалы

2. ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ:

конспект, чертежные принадлежности, компьютер, видеоролик, таблицы

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ:

Конструкционные материалы, используемые в производстве, условно делятся на четыре класса:

- стали;
- чугуны;
- цветные металлы и сплавы;
- неметаллические материалы.

Классификация сталей и чугунов

Классификация сталей. Стали обладают оптимальным сочетанием механических, технологических и эксплуатационных свойств. По назначению стали подразделяются на конструкционные, инструментальные и сплавы с особыми физическими свойствами.

Особенности маркировки конструкционных материалов разобраны

Конструкционные стали, применяемые для изготовления деталей машин, приборов, металлоконструкций и сооружений, классифицируют по химическому составу, качеству, степени раскисления, структуре, прочности и назначению.

По *химическому составу* конструкционные стали подразделяют на углеродистые и легированные. На долю углеродистых сталей, которые содержат до 0,75% С, приходится 80% от общего объема выплавляемой стали. Это объясняется тем, что углеродистые стали сочетают удовлетворительные механические свойства с хорошей деформируемостью и обрабатываемостью режущим инструментом. Легированные стали получили широкое применение в строительстве (низколегированные) и в машиностроении (легированные). Легирующие элементы вводят с целью повышения конструкционной прочности сталей, что достигается при их использовании в термически упрочненном состоянии – после закалки и отпуска. В отожженном состоянии легированные стали по механическим свойствам практически не отличаются от углеродистых. Для легирования обычно используют молибден, марганец, хром, кремний, никель и ванадий. Стали, в которых суммарное содержание легирующих элементов более 10% (высоколегированные), как правило, имеют специальное назначение (коррозионно-стойкие, жаропрочные, немагнитные и др.).

По *качеству* сплавы классифицируют на стали обыкновенного качества (Ст0, Ст1, Ст2, ..., Ст6), качественные стали (08, 10, 15, ..., 60, 30Х, 40ХН, 30ХГС и др.), высококачественные (30ХНЗА, 40ХФА, 40ХН2МА, 12Х18Н10Т и др.), особовысококачественные (ШХ15Ш, 30ХГСА-Ш и др.). Стали обыкновенного качества содержат до 0,05 % S и 0,04 % P, качественные – не более 0,04 % S и 0,035% P, высококачественные – не более 0,025% S и 0,025% P, особовысококачественные – не более 0,015 % S и 0,025 % P.

По *степени раскисления* стали классифицируют на спокойные, полуспокойные и кипящие. Спокойные стали (Ст1сп, Ст2сп, ... Ст6сп; 08, 10, ..., 60 и др.) раскисляют марганцем, кремнием и алюминием. Они содержат мало кислорода и затвердевают спокойно без газовыделения. Кипящие стали (Ст1кп, Ст2кп, Ст3кп, Ст4кп; 08кп, 10кп, 15кп, 18кп, 20кп) раскисляют только марганцем и производят низкоуглеродистыми ($\leq 0,2\%$ С) с повышенным количеством газообразующих примесей. Полуспокойные стали (Ст1пс, Ст2пс, ..., Ст6пс; 08пс, 10пс, 15пс, 20пс) по степени раскисления занимают промежуточное положение между спокойными и кипящими.

При классификации стали по *структуре* учитывают особенности ее строения в отожженном и нормализованном состояниях. По структуре в отожженном (равновесном) состоянии конструкционные стали разделяют на четыре класса: доэвтектоидные, имеющие в структуре избыточный феррит; эвтектоидные, структура которых состоит из перлита; аустенитные и ферритные. Углеродистые стали могут быть первых двух классов, легированные – всех классов.

По *прочности*, оцениваемой временным сопротивлением, конструкционные стали разделяют на стали нормальной (средней) прочности ($\sigma_b < 1000$ МПа), повышенной прочности ($\sigma_b < 1500$ МПа) и высокопрочные ($\sigma_b > 1500$ МПа).

По *назначению* конструкционные стали подразделяют на машиностроительные, предназначенные для изготовления деталей машин и механизмов, и строительные – для металлоконструкций и сооружений.

Инструментальные стали предназначены для изготовления режущих, штамповых и контрольно-измерительных инструментов. По *химическому* составу эти стали подразделяют на *углеродистые* и *легированные*.

Углеродистые стали по *качеству* классифицируют на качественные (У7, У8, У9, ..., У13) и высококачественные (У7А, У8А, У9А, ..., У13А). По *структуре* стали У10, У11, У12, У13 – заэвтектоидные.

Низколегированные стали по *структуре* относятся к заэвтектоидным сталям перлитного класса, в которых хром – постоянный элемент (ХВ4, 2ХС, ХВГ, ХВСГ). Высоколегированные стали по *назначению* подразделяют на быстрорежущие и стали, используемые для изготовления штампов.

В быстрорежущих сталях (Р18, Р9, Р6М5, Р6М5Ф3 и др.) основными легирующими элементами являются вольфрам, молибден и ванадий, процентное содержание которых указывается после соответствующих букв. Для изготовления штампов применяют стали, легированные хромом, вольфрамом, молибденом, ванадием, кремнием (Х12, Х12М, Х6ВФ, 5ХНМ, 5ХНВ, 3Х2В8Ф, 4Х5В2ФС и др.).

Сплавы для контрольно-измерительных инструментов (калибров, шаблонов, скоб, линейки и др.) должны обладать высокой твердостью, износостойкостью, поэтому обычно применяют высокоуглеродистые хромистые стали Х, 12Х, 15Х и др.

К сталям с особыми свойствами относят сплавы, для которых механические свойства, как правило, не имеют первостепенного значения. Основным предъявляемым к этим сталям требованием является обеспечение определенного уровня физических свойств. Многие из этих сплавов высоколегированные, отличающиеся высокой точностью химического состава.

По *назначению* сплавы с особыми свойствами могут быть подразделены на

магнитные, аморфные (металлические стекла), стали с высоким электрическим сопротивлением для нагревательных элементов, сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения, с эффектом «памяти формы», жаростойкие, коррозионно-стойкие и др.

Классификация чугунов.

Благодаря сочетанию высоких литейных свойств, достаточной прочности, износостойкости, а также относительно низкой себестоимости чугуны получили широкое распространение в машиностроении. В зависимости от того, в какой форме присутствует углерод в сплавах, различают серые, высокопрочные чугуны, чугуны с вермикулярным графитом, белые и ковкие чугуны.

Серыми называют чугуны с пластинчатой формой графита. По химическому составу серые чугуны разделяют на обычные (нелегированные) и легированные. По структуре металлической основы серый чугун может быть ферритным, перлитным или перлитно-ферритным (рис.1.2). Обозначают серые чугуны индексами: СЧ20, СЧ25, СЧ30. Число в марке обозначает уменьшенное в 10 раз значение временного сопротивления. Структура чугуна показана на рисунках

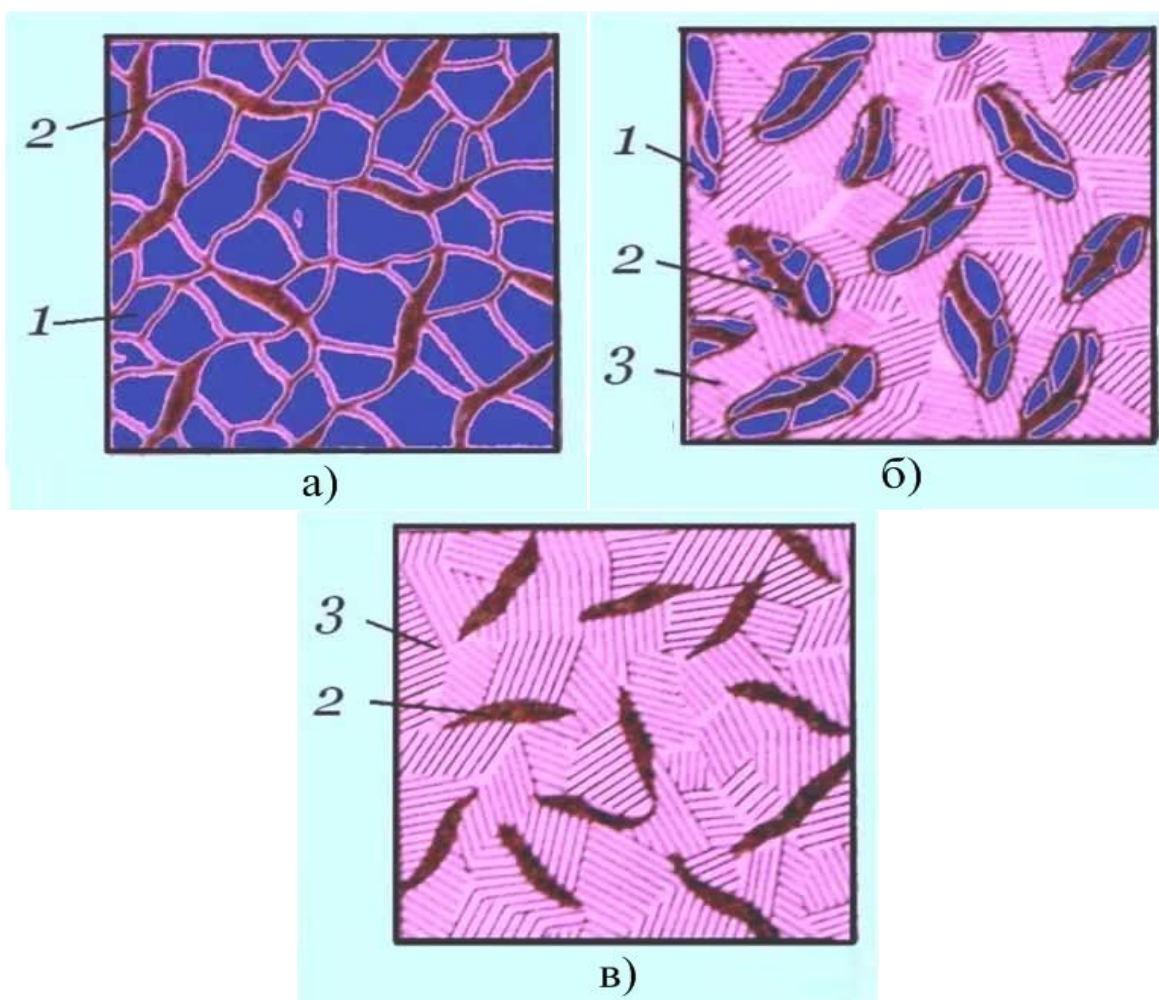


Рис 1.2. Микроструктура серого чугуна: а) - ферритного; б) - перлитно-ферритного; в) - перлитного:

1 – феррит; 2 - пластинчатый графит; 3 - перлит.

Высокопрочными называют чугуны, в которых графит имеет шаровидную форму. Их получают модифицированием сплавом магния с никелем, который вводят в жидкий чугун. По структуре металлической основы высокопрочный чугун может быть ферритным, перлитным или перлитно-ферритным (рис.1.3). Марка высокопрочного чугуна состоит из букв ВЧ и числа, обозначающего уменьшенное в 10 раз значение временного сопротивления (ВЧ35...ВЧ100).

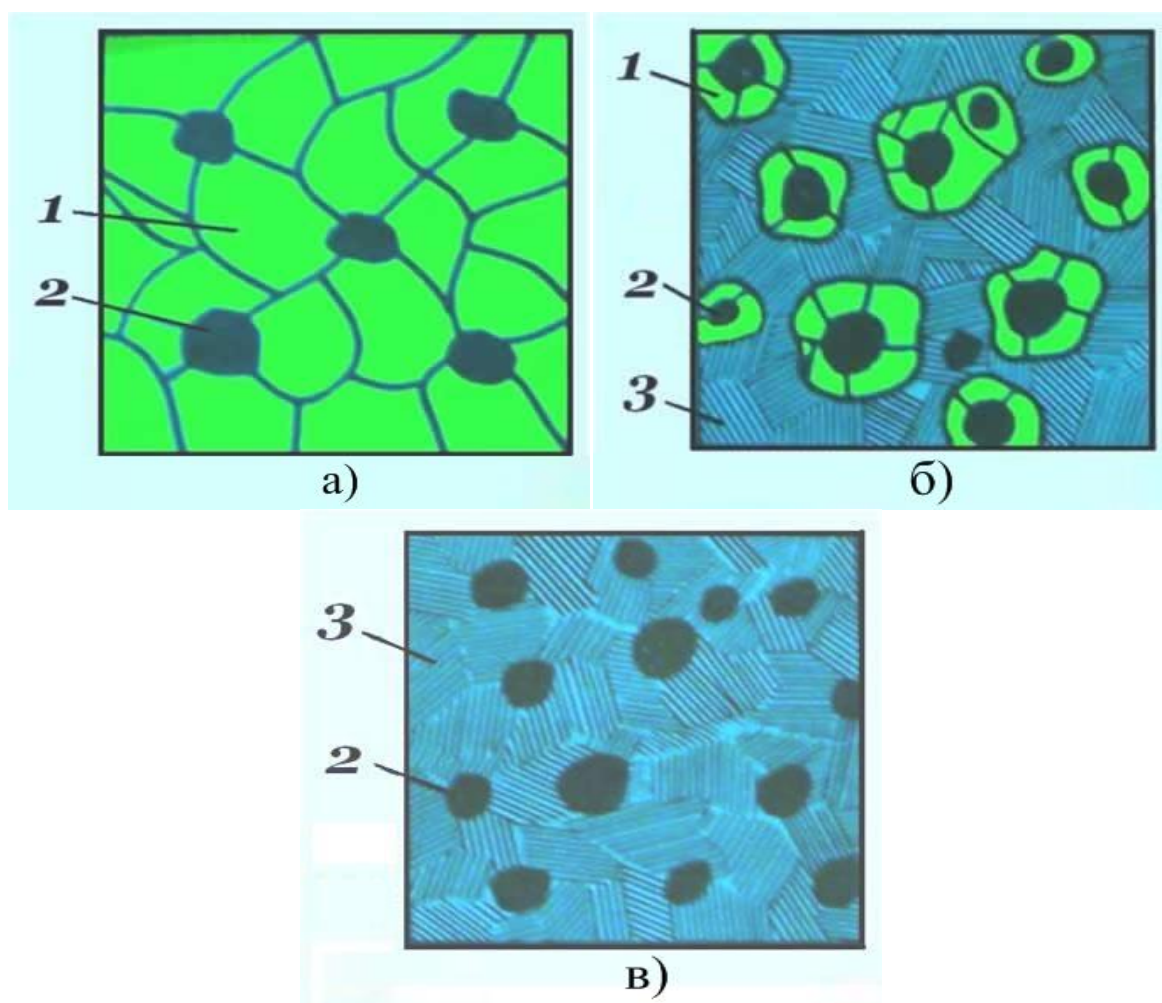


Рис 1.3. Микроструктура высокопрочного чугуна: а) - ферритного; б) - перлитно-ферритного; в) - перлитного:

1 – феррит; 2 - шаровой графит; 3 - перлит.

В чугуне с вермикулярным графитом структура формируется под действием комплексного модификатора, содержащего магний и редкоземельные металлы. Графит приобретает шаровидную (до 40%) и червеобразную извилистую форму (рис.1.4).

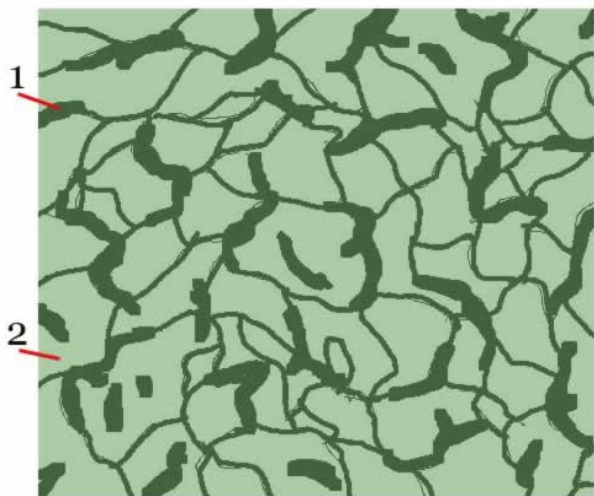


Рис 1.4. Микроструктура чугуна с вермикулярным графитом:
1 – вермикулярный графит; 2 – феррит;

Особенностью структуры этого чугуна является наличие в металлической основе значительного (до 70...90%) количества феррита.

Чугуны с вермикулярным графитом производят четырех марок: ЧВГ30, ЧВГ35, ЧВГ40, ЧВГ45. Число в марке чугуна обозначает уменьшенное в 10 раз значение временного сопротивления.

Ковкими называют чугуны, в которых графит имеет хлопьевидную форму. Их получают отжигом белых доэвтектических чугунов (рис.1.5). По этой причине графит ковких чугунов называют углеродом отжига. Такой графит в отличие от пластинчатого меньше снижает механические свойства металлической основы, поэтому ковкие чугуны обладают более высокими прочностью и пластичностью по сравнению с серыми.

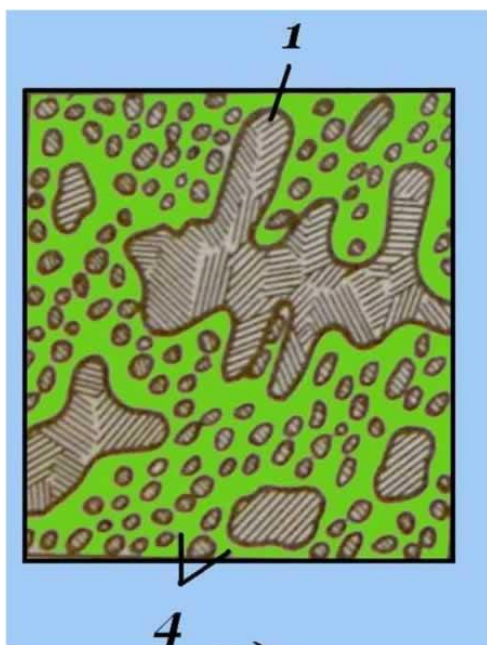


Рис 1.5. Микроструктура белого чугуна:

1 – перлит; 4 – цементит;

По структуре металлической основы, которая определяется режимом отжига, ковкие чугуны бывают ферритными или перлитными (рис.1.6). Ковкие чугуны обозначают индексом КЧ и последующими цифрами, первая из которых - уменьшенное в 10 раз значение временного сопротивления, а вторая – пластичность в % : КЧ30-6, КЧ60-3 и др.

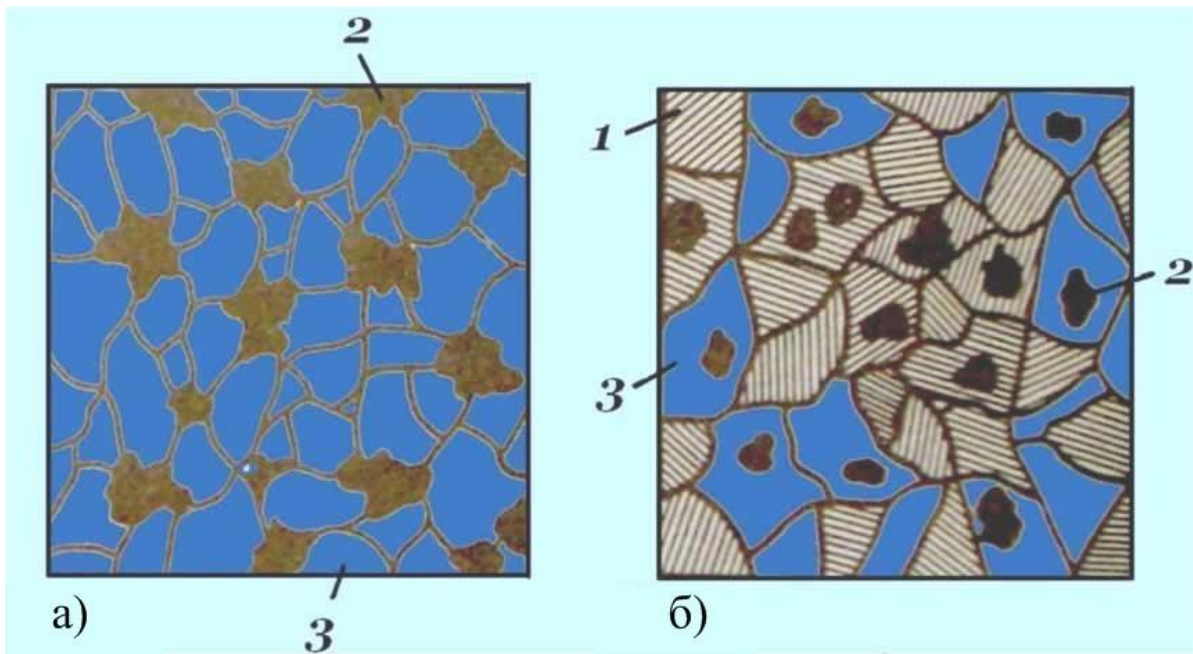


Рис 1.6. Микроструктура ковкого чугуна: а) - ферритного; б) - перлитного:

1 – перлит; 2 – графит отжига; 3 – феррит;

Ход работы:

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями;
2. Из коллекции "Металлы и сплавы" определить виды конструкционных материалов.
3. Записать их название, применение
4. Ответить на вопросы
5. Оформить отчет

ЛИТЕРАТУРА:

5. Адаскин, А.М., Зуев, В.М. Материаловедение (металлообработка). – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 240 с.
6. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение и слесарное дело: учебное пособие. - Ростов на Дону: Феникс, 2005. – 448с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

«Выбор материалов для конструкций по их назначению»

1.ЦЕЛЬ:

уметь выбирать материалы для конструкций в зависимости их назначения

2. ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ:

конспект, чертежные принадлежности, компьютер, видеоролик, таблицы, книги

3.ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ:

Выбор материала должен быть процессом определения комплекса необходимых свойств материала, обеспечивающих надежную и долговечную работу конструкций, машин и оборудования в заданных условиях эксплуатации. Так как конструкционные материалы характеризуются механическими, физико-химическими и технологическими свойствами, то рассматривать необходимо всю гамму свойств, особенно если в конструкции должны работать разные материалы.

На рис. 1 представлена взаимосвязь между свойствами материала, геометрией проектируемого изделия и производственными возможностями конкретного предприятия.

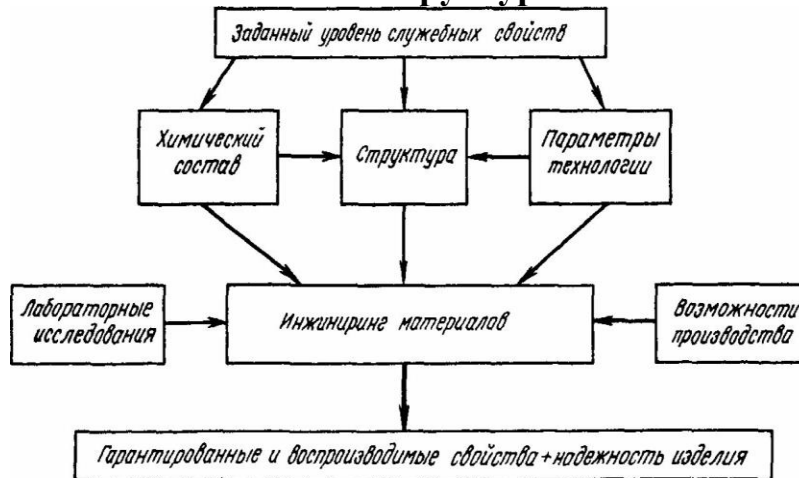


Рис. 1. Взаимосвязь между свойствами материала, геометрией проекта и характеристиками производства. Общая стоимость, масса и использование деталей в конструкциях определяются этими тремя проектными факторами

Однако для целого ряда изделий новой техники, особенно специального назначения, оказывается необходимым не выбирать материалы из существующих разработок, а разрабатывать принципиально новые материалы с более высоким комплексом свойств, ранее недостижимым у серийных материалов. В этом случае должен использоваться принципиально новый методологический подход к определению материалов для такой

техники. Этот подход объединяется в систему исследований, испытаний, разработок термином “инжиниринг материалов” (рис. 2). Особенностью этого метода является совокупность материаловедческих, технологических и производственных аспектов, практическая реализация которых гарантирует обеспечение требуемого уровня служебных свойств материала и его надежность. Для установления сложных взаимосвязей:

Химический состав —> Технология —> Структура -> Свойства —> Надежность



Высоколегированные стали и сплавы на основе никеля, алюминия, титана, композиционные материалы и пластики получают все большее распространение наряду с применяемыми обычно конструкционными сталями. Чтобы выбрать наиболее подходящий для заданных рабочих условий материал и правильно определить надежность и долговечность изделия, конструктору требуются глубокие знания физической природы процессов, происходящих в материалах при эксплуатации, а также точные данные об изменениях основных характеристик материалов под воздействием внешних условий.

С понижением температуры большинство материалов становится более прочными и износостойкими. При 77 К (температура кипения жидкого азота) предел прочности большинства металлов в 2-5 раз больше, чем при комнатной температуре; прочность некоторых пластмасс увеличивается в 8 раз, стекла - в 12 раз. При 4,2 К (температура кипения жидкого гелия) предел прочности меди в 2 раза больше, чем при комнатной температуре, а прессованного алюминия в 6 раз, сталей в 2,5-3 раза.

Уменьшение пластичности и повышение твердости при низких температурах позволяет повысить эффективность механической обработки ряда материалов. При низких температурах улучшаются режущие свойства и повышается стойкость металлорежущего инструмента. Применение холода для термической обработки металлов позволяет стабилизировать размеры прецизионных деталей и получить необходимую структуру.

Однако при низких температурах в материале, особенно под нагрузкой, могут происходить внутренние структурные превращения, в результате чего возрастает опасность внезапного разрушения деталей. Поэтому даже в тех случаях, когда глубокое охлаждение носило временный характер, при последующей работе в условиях нормальных температур следует считаться с возможными остаточными явлениями, а при работе в условиях низких температур необходимо учитывать возможность преждевременного хрупкого разрушения материала в результате уменьшения пластичности.

Одна из причин хрупкого разрушения - мартенситное превращение, сопровождающееся увеличением объема и снижением ударной вязкости. Изменение объема тела сложной формы при локальных выделениях мартенсита сопровождается возникновением дополнительных местных напряжений, часто приводящих к разрушению деталей. В связи с этим целесообразно на заводе-изготовителе подвергать воздействию низких температур все детали и узлы машин, предназначенные для работы в условиях низких температур. После такой обработки в материалах деталей закончатся все процессы структурообразования и можно будет забраковать детали, в которых возникнут при этом дополнительные напряжения. На заводе могут быть разработаны такие конструктивные формы деталей, в которых внутренние напряжения минимальны.

Изменения структуры материала сопровождаются изменением его плотности, а также прочностных, электрических и магнитных характеристик. При обработке холодом стальных деталей можно добиться необходимого изменения указанных характеристик.

В машиностроении широко используется нагрев (тепловая обработка) как средство получения высокопрочного или пластичного структурного состояния сталей и сплавов, а также для снижения остаточных напряжений и для уменьшения структурных отличий основного металла и сварных швов.

Совершенствование техники получения низких температур и опыт использования холодильных установок позволяют применять холод в технологии машиностроения.

Изучение поведения материалов и особенностей их разрушения при низких температурах имеет значение для успешного освоения Крайнего Севера и некоторых других районов страны, где техника работает значительное время года при низких (до 215 K) температурах. Машины и механизмы, не приспособленные для работы в таких условиях, быстро выходят из строя.

Конструирование и производство такого рода техники должно определяться обоснованными рекомендациями по выбору материалов

и экспериментально проверенных методов оценки склонности металлов к хрупкому разрушению.

Уменьшить аварийность и повысить долговечность машин и механизмов можно только при условии учета особенностей поведения материалов при низких температурах, правильного подбора материалов для конструкций, несущих значительные силовые нагрузки, проведения испытаний деталей наиболее ответственных узлов и целых механизмов в условиях низких температур, вакуума, тепловых ударов и т. д.

Тепловое состояние тела характеризуется его температурой. Когда температура снижается, термоактивируемые эффекты в кристаллических телах уменьшаются; значительно изменяются основные физические и механические свойства.

Электросопротивление металлов линейно уменьшается с понижением температуры и устанавливается на значении, обычно называемом остаточным сопротивлением. Определение остаточного сопротивления является чувствительным методом изучения степени совершенства кристаллического строения металла, так как точка остаточного сопротивления определяется рассеянием электронов из-за примесей и дефектов в кристаллах.

У ряда металлов при температурах от 4 до 23 К электрическое сопротивление падает до нуля. Опыты указывают на снижение предела текучести металлов при переходе в сверхпроводящее состояние в связи с ослаблением электронного торможения дислокаций. На прочность и вид разрушения твердых тел не влияет переход в сверхпроводящее состояние.

Теплоемкость всех материалов становится чрезвычайно малой при криогенных температурах (ниже 200 К), и даже небольшое количество тепла может существенно изменить температуру тела. Влияние электронов проводимости на теплоемкость ощутимо лишь при температурах, близких к абсолютному нулю.

Теплоемкость твердых тел, которая меняется в начале охлаждения почти линейно, в криогенной области пропорциональна третьей степени абсолютной температуры (закон Дебая). Теплопроводность у относительно чистых металлов зависит главным образом от электронного вклада и при охлаждении сначала увеличивается, а затем быстро падает до нуля. У сплавов теплопроводность зависит как от электронной структуры, так и от кристаллического строения, а поэтому меньше чувствительна к снижению температуры.

Важным свойством конструкционных материалов при их механической обработке в условиях низких температур и при их использовании в низкотемпературной технике является термическое расширение. С повышением температуры тела амплитуда колебаний атомов увеличивается, растет среднее расстояние между атомами, увеличивается объем тела. Расширение заметно при нагреве выше 20 К. Для большинства материалов после 55 и до 290 К термическое расширение изменяется линейно. Относительный температурный коэффициент линейного расширения стремится к нулю при температурах, близких к абсолютному нулю [2]. Общее термическое линейное расширение у металлов при нагреве от гелиевых температур до 293 К обычно меньше 0,5 % первоначальной длины образца: у меди, например, 0,3 % [3]. У хромоникелевых сталей заметное изменение относительного температурного коэффициента расширения при охлаждении наступает после мартенситного превращения [3]. Обычно в конструкторских и технологических расчетах пользуются средним значением температурного коэффициента линейного расширения для определенного температурного интервала (табл. 1).

Температурный коэффициент линейного расширения α
материалов при охлаждении

Таблица 1

Материал	Средние $\alpha \cdot 10^6 \text{ K}^{-1}$ в интервале температур	
	От 273 до 200 К	От 273 до 80 К
Алюминий (99,99 %)	21,6	18,3
АМг6	22,1	18,2
Д16	22,2	18,2
Медь (99,95 %)	15,9	13,6
Никель (Н2)	11,5	10,1
Монель	13,0	11,1
Инвар	2,6	2,4
Олово (99,90 %)	19,8	18,3
Армко-железо (99,95 %)	11,0	8,89
Сталь 45	10,7	8,2
Сталь 20Г	10,9	8,5
12Х18Н10Т	15,1	13,2
30ХГСА	10,5	9,7

Сталь инструментальная	11,5	10,5
Титан (99,85%)	8,0	6,7
АТ2	8,3	6,9
ВТ5-1	8,9	7,9
Чугун СЧ 32-52	11,2	-

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

Оформить отчет, ответить на вопросы

Контрольные вопросы:

1. Какие параметры влияют на выбор конструкционных материалов по назначению?
2. Какую особенность надо учитывать для повышения долговечности материала при низких температурах
3. Как изменяется прочность материала с понижением температуры?

ЛИТЕРАТУРА:

7. Адаскин, А.М., Зуев, В.М. Материаловедение (металлообработка). – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 240 с.
8. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение и слесарное дело: учебное пособие. - Ростов на Дону: Феникс, 2005. – 448с.
9. Лашутина Н.Г. и др. Холодильные машины и установки. - М.: 2007. - 440 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

«Выбор материалов для конструкций по условиям эксплуатации»

ЦЕЛЬ:

уметь выбирать материалы для конструкций в зависимости от условий эксплуатации

2. ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ:

конспект, чертежные принадлежности, компьютер, видеоролик, таблицы, книги

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

Ознакомиться с литературой и выбрать соответствующие материалы в зависимости от условий эксплуатации

Задание № 1

- 1.1 Подобрать стали, необходимые для изготовления ответственных деталей теплообменных аппаратов, арматуры и криогенной техники.
- 1.2 Описать их свойства, указать условное обозначение

Задание №2

- 1.2 Какие сплавы необходимы для изготовления подшипников скольжения? Указать их свойства, марку

ЛИТЕРАТУРА:

- 10.Адаскин, А.М., Зуев, В.М. Материаловедение (металлообработка). – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 240 с.
- 11.Чумаченко Ю.Т. Материаловедение и слесарное дело: учебное пособие. - Ростов на Дону: Феникс, 2005. – 448с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

«Анализ изделий из сплавов цветных металлов в холодильной технике»

ЦЕЛЬ:

уметь выбирать материалы для конструкций в зависимости от условий эксплуатации

2. ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ:

конспект, компьютер, видеоролик, книги

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ:

Основными материалами для холодильного оборудования являются черные и цветные металлы, уплотнительные и фильтрующие материалы, адсорбенты и масла. Применяемые материалы для холодильного оборудования должны удовлетворять следующим требованиям: быть инертными к холодильным агентам, достаточно стойкими к коррозии, не терять механической прочности при низких температурах. Большую роль играют цветные металлы.

Алюминий и его сплавы

Способность алюминия и его сплавов сохранять пластичность вплоть до криогенных температур послужила основой для их широкого использования при изготовлении низкотемпературного оборудования. Применимость алюминиевых сплавов для работы в условиях низких температур обусловлена кристаллической структурой алюминия. Он кристаллизуется в решетке гранецентрированного куба и не имеет полиморфных превращений.

В холодильной и криогенной технике применяют как технический алюминий, так и его сплавы. Технический алюминий широко используют для изготовления малонагруженных элементов конструкций. В общем объеме потребления его достаточно велико. Из алюминия изготавливают такие детали, как насадки регенераторов, паяные теплообменники аппаратов воздухоразделительных установок и др. Алюминиевые сплавы применяют для изготовления емкостей и трубопроводов для хранения и транспортировки жидких газов: природного газа, кислорода, азота, водорода и гелия, а также в

качестве материала для ректификационных колонн и трубных систем. При температурах ниже 120 К объем потребления алюминиевых сплавов, главным образом в виде горячекатаного листа, составляет около 30 % от объема всего используемого металла.

Высокий коэффициент теплопроводности алюминиевых сплавов часто заставляет отказываться от применения их в деталях, которые определяют притоки теплоты к охлаждаемым элементам. Например, горловины криостатов выполняют из аустенитных сталей или полимерных материалов, хотя сам внутренний сосуд изготавливается из алюминиевого сплава.

Алюминиевые сплавы имеют более высокий температурный коэффициент линейного расширения, чем аустенитные стали. Это определяет более высокий уровень термических напряжений, особенно в жесткозащемленных элементах конструкций при их охлаждении. Поэтому в трубопроводах для перекачки сжиженных газов в случае отсутствия возможности применения компенсаторов **деформации** предпочтительно использовать сплавы на основе железа.

В технике низких температур применяют деформируемые и литейные алюминиевые сплавы.

Временное сопротивление деформируемых термообработанных алюминиевых сплавов может достигать 500 МПа и более при плотности менее 2,85 г/см³. Удельная прочность ств/у алюминиевых сплавов имеет высокие значения и приближается к удельной прочности высокопрочных сталей.

Прочность при растяжении деформируемых алюминиевых сплавов с понижением температуры от 293 до 77 К увеличивается на 35-60 %, а предел текучести - на 15-25 %. Пластичность при снижении температуры обычно даже несколько возрастает или остается на уровне пластичности при комнатной температуре.

Алюминиевые сплавы не имеют порога хладноломкости: вязкость при ударном изгибе у них равномерно понижается с падением температуры; по сравнению с аустенитными сталями значения ее существенно ниже. При низких температурах алюминиевые сплавы имеют вязкий излом при относительно малой ударной вязкости.

Усталостная прочность, определенная как на гладких, так и на надрезанных образцах, с понижением температуры также увеличивается. **Вязкость разрушения** алюминиевых сплавов в условиях плоской деформации почти не уменьшается, а иногда даже

увеличивается при криогенных температурах по сравнению с вязкостью разрушения при комнатной температуре. Величина вязкости разрушения зависит от чистоты металла.

Наибольшее применение в технике низких температур нашли сплавы алюминия с **магнием** - магналии - благодаря удачному сочетанию в них прочности, пластичности, свариваемости, **коррозионной стойкости**. Увеличение содержания магния ведет к росту прочности сплава. Применяемые термически неупрочняемые сплавы содержат не более 7 % Mg.

Из магналиев как за рубежом, так и в России предпочтение в машиностроении отдается сплаву АМг5: по свариваемости он превосходит сплав АМг2, хотя несколько уступает ему по пластичности.

В холодильной и криогенной технике также используют термоупрочняемые алюминиевые сплавы, легированные медью, магнием, марганцем и другими элементами. Оптимальные механические свойства эти сплавы приобретают после термической обработки, состоящей из **закалки** в воде от температуры около 500 °С и последующего естественного или искусственного старения за счет дисперсионного выделения при старении интерметалл идных фаз.

Марка сплава	$T_{\text{исп}}, \text{K}$	$\sigma_{\text{в}}, \text{МПа}$	$\sigma_{\text{т}}, \text{МПа}$	$\delta, \%$
Д16	293	470	300	19
	77	560	380	27
	20	660	450	16
Д20	293	400	280	15
	77	510	380	15
	20	660	420	16
1201 (Д20-1)	293	440	350	18
	77	550	400	10
	20	650	450	12
АК6	293	410	300	15
	77	500	380	18
АК8	293	450	310	13
	77	530	410	13
	20	550	360	18
1915	293	340	200	15
	203	370	240	16
	77	470	290	24

Таблица 1 Механические свойства при криогенных температурах деформируемых термоупрочняемых алюминиевых сплавов после закалки и старения

Механические свойства при низких температурах некоторых деформируемых термоупрочняемых алюминиевых сплавов приведены в таблице.

Прочность термоупрочняемых алюминиевых сплавов приближается к прочности аустенитных сталей, и поэтому во многих случаях они могли бы их заменить. Их недостатком является склонность к коррозии под напряжением. Кроме того, эти сплавы разупрочняются в зоне сварного шва.

Наряду с деформируемыми в технике низких температур применяют литейные алюминиевые сплавы. Их используют главным образом для изготовления деталей сложной конфигурации типа корпусов арматуры. Наибольшее распространение получили сплавы, легированные 8-13 % Si, - силумины, обладающие высокими литейными свойствами.

Сварка изделий из алюминиевых сплавов имеет ряд особенностей, определяемых свойствами алюминия. Высокая теплопроводность и теплоемкость алюминия обуславливают необходимость обеспечения достаточно интенсивного и концентрированного нагрева при сварке и выбора соответствующих источников нагрева. При проведении сварки плавлением дуга должна быть надежно защищена инертным газом.

Титан и его сплавы

Титановые сплавы относятся к числу наиболее перспективных материалов для техники низких температур. Титановые сплавы определенных марок обладают удовлетворительной пластичностью и вязкостью вплоть до 4 К. Благодаря низкой плотности в сочетании с высокой прочностью и достаточной пластичностью применение

титановых сплавов при низких температурах позволяет уменьшить массу конструкций в сравнении с коррозионностойкими Cr – Ni сталями на 20 – 25 % и алюминиевыми сплавами – на 40 – 45 %. Поэтому титановые сплавы все чаще применяют для изготовления деталей и узлов, работающих при низких температурах в летательных аппаратах. Химическая активность титана требует определенной осторожности при использовании титановых сплавов в конструкциях, где рабочей средой является газообразный или жидкий кислород. Наиболее перспективными конструкционными материалами для использования в холодильной и криогенной технике являются сплавы со структурой α -фазы типа ВТ5-1, легированные 4 – 6 % Al, 2 – 3 % Sn, и ОТ4-1, содержащие 1,5 – 2,5 % Al и 0,7 – 2,0 % Mn. Они хорошо свариваются и сохраняют высокую пластичность при низких температурах.

Сплавы с двухфазной ($\alpha + \beta$)-структурой типа ВТ3-1, содержащие 5,5 – 7,0 % Al, 0,8 – 2,0 % Cr, 2 – 3 % Mo, 0,2 – 0,7 % Fe, имеют более высокую прочность, но несколько меньшую пластичность. Поэтому их реже используют при криогенных температурах.

Медь и ее сплавы

Медь и ее сплавы являются материалами, одними из первых нашедшими применение в холодильном и криогенном оборудовании. Медь не имеет порога хладноломкости, и нижний температурный предел ее использования близок к абсолютному нулю.

Медь и ее сплавы имеют высокое значение температурного коэффициента линейного расширения. С понижением температуры до 120 К этот коэффициент уменьшается, но это уменьшение выражено значительно слабее, чем у коррозионностойких сталей и алюминиевых сплавов.

Технически чистая медь имеет невысокие прочностные свойства. При снижении температуры от 293 до 20 К прочность и твердость меди повышаются почти в два раза, пластичность сохраняется на том же уровне. Ударная вязкость даже увеличивается, сохраняя при 20 К столь высокие значения, что надрезанные образцы не разбиваются копром, а протягиваются между его опорами. Усталостная прочность меди и ее сплавов с понижением температуры растет так же, как модуль упругости и модуль сдвига.

Технически чистую медь используют в установках разделения газов методом глубокого охлаждения для изготовления различных трубчатых конструкций: витых и прямотрубных теплообменников, трубчатых конденсаторов и др. Листовую медь используют для изготовления внутренних емкостей и экранов сосудов Дьюара, в которых хранятся и транспортируются жидкие газы, для изготовления обечаек ректификационных колонн жидкого воздуха.

Из меди **МЗ** делают теплообменные трубки фреоновых конденсаторов, испарителей, теплообменников, а также изготавливают прокладки. Широкое применение в холодильном и криогенном машиностроении находят сплавы меди – латуни марок Л63, Л68, ЛЖМц59-1-1, ЛЦ59, ЛК80-3Л и бронзы марок БрАЖМцЮ-3-1,5; БрКМц3-1; БрБ2.

Л-62 — пластинчатые ребра воздухоохладителей, испарителей и конденсаторов для малых холодильных камер, из Л-80 — сильфоны сальников и приборов автоматики.

Латунь Л68 применяют для изготовления различных трубопроводов, сеток, прокладок, работающих при температурах 520 – 20 К. Л-62 — пластинчатые ребра

воздухоохладителей, испарителей и конденсаторов для малых **ХОЛОДИЛЬНЫХ камер**, из Л-80 — сильфоны сальников и приборов автоматики.

Латунь марки ЛС59-1 применяется для изготовления различных крепежных изделий, работающих в интервале температур 520 – 20 К. Для более ответственных крепежных деталей в этом же температурном диапазоне применяют латунь марки **ЛЖМц59-1-1**, Л-62 — пластинчатые ребра воздухоохладителей, испарителей и конденсаторов для малых **ХОЛОДИЛЬНЫХ камер**.

Из **литевой латуни ЛК80-3** изготавливается арматура, корпуса трубопроводов и другие литые детали, работающие при температурах 520 – 20 К, из Л-80 — сильфоны сальников и приборов автоматики.

Бронза марки БрАЖМцЮ-3-1,5 применяется для изготовления втулок, шестерен, вентилях, деталей клапанной арматуры, эксплуатируемых при температурах 520 – 77 К.

Наибольшую прочность имеют меднобериллиевые сплавы, временное сопротивление которых в термообработанном состоянии более 1000 МПа при удовлетворительной вязкости и пластичности при низких температурах. Поэтому **бронза БрБ2**, сочетающая высокую прочность с высокой релаксационной стойкостью, нашла применение для изготовления пружинящих элементов криогенной арматуры; они хорошо работают вплоть до 4 К.

Из бронзы марки **ОФ 6,5—1,5** изготавливают втулки шатунов, кольца сальников. Баббит Б-83 используется для заливки шатунных подшипников быстроходных компрессоров. Баббит марки БН (свинцово-никелевый) применяют для заливки сменных тонкостенных стальных вкладышей шатунных подшипников с косым разъемом.

Припой

Припой ПОС-30, ПОС-40 (мягкий) применяют для пайки сеток фильтров; припой медно-цинковый ПМЦ-54 (твердый) — для соединения деталей и узлов, работающих под давлением. Для пайки без флюса, например медных трубок с калачами, применяют медно-фосфористый припой МФ-1 температурой плавления 860° С. Пайка без флюса медных, латунных и мельхиоровых деталей производится серебряным припоем ПСР-45 температурой плавления 720°С.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

- 4.1 Проанализировать применение цветных металлов в холодильной технике и составить отчет
- 4.2 В интернет ресурсах найти дополнительную информацию и дополнить в отчет
- 4.3 Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Почему для фреона применяют только медные трубы?
2. Для чего используют листовую медь?
3. Какова зависимость твердости и прочности меди при снижении температуры от 293 до 20 К?

4. Какие наиболее характерные свойства меди позволяют использовать ее в холодильной технике?
5. Где используют чистую медь в холодильной технике?

Практическая работа № 8

«Расчет и назначение оптимальных режимов резания»

ЦЕЛЬ:

изучить методику определения глубины, подачи и скорости резания;
научиться назначать режимы резания которые обеспечивают наиболее экономическую и производственную обработку поверхности

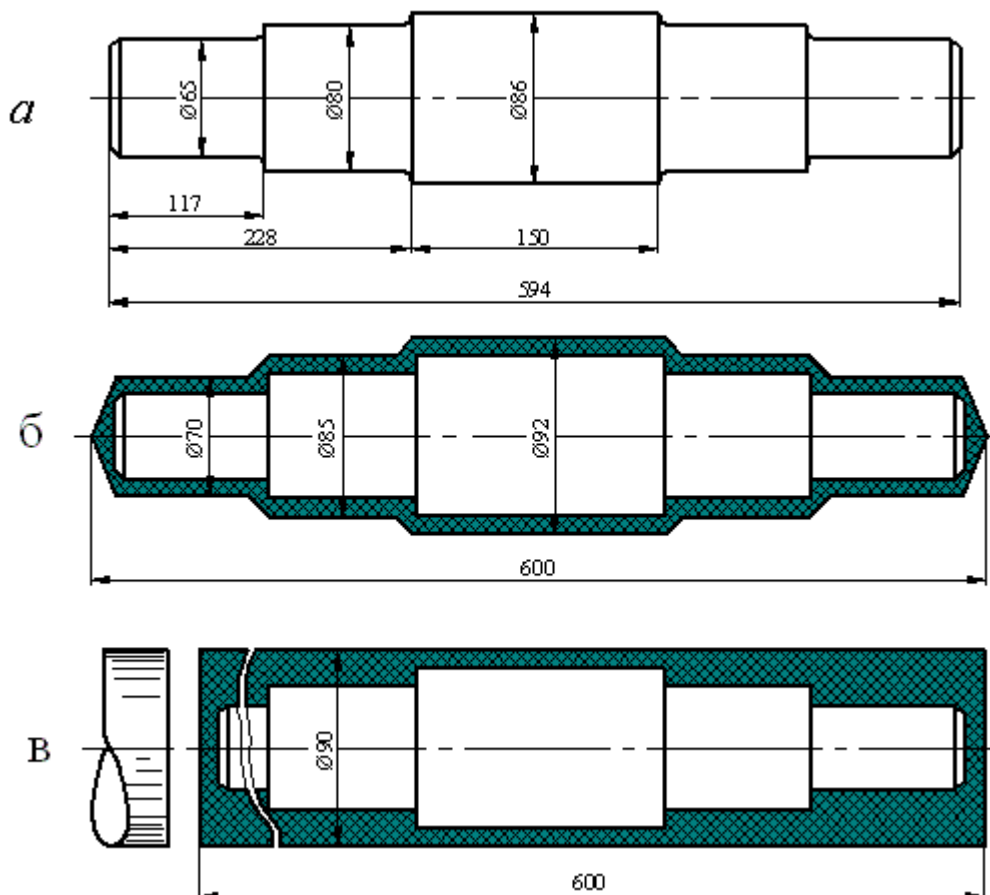
2. ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ:

Раздаточный материал, калькулятор, доска

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ:

Точение является наиболее распространенным методом обработки наружных, внутренних и торцовых поверхностей тел вращения (цилиндрических, конических, сферических и фасонных поверхностей).

Точение выполняется на токарных станках токарными резцами различных типов. Заготовку крепят в шпинделе станка, и она вращается, а резец, закрепленный в резцедержателе, совершает продольное или поперечное поступательное движение. На рисунке показана заготовка с припусками на обработку.



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определение и запись исходных данных. Условие задачи.

2. Выбор элементов режимов резания.

2.1. Определение глубины резания.

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм}$$

где D—диаметр заготовки, мм

d — диаметр детали, мм

2.2. Определение частоты вращения шпинделя.

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1}$$

2.3. Определение скорости резания.

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}, \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

2.4. Определение скорости движения подачи.

$$V_i = S_m = S_p \cdot n, \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

2.5. Определение основного машинного времени,

$$T_o = \frac{L_{p1}}{n_d \cdot S_{od}}, \text{ мин}$$

2.6. Определение длины рабочего хода.

$$L_{px} = l_{p1} + y + \Delta$$

Lрез —длина резания, мм.

y - величина врезания, мм; Δ - величина перебега, мм

Варианты заданий

№ п/п	Диаметр заготовки, мм (D)	Диаметр детали, мм(d)	Длина резания, мм
1	50	48	24
2	38	36	20
3	45	42	30
4	52	50	44
5	60	58	40
6	28	26	26
7	34	32	28
8	30	25	32
9	52	50	36
10	44	42	38

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Оформить решение задания
2. Зачертить эскиз
3. Ответить вопросы

Контрольные вопросы:

1. Какие параметры входят в режим резания?
2. Чем определяется глубина резания?
3. Как выбирается скорость резания?
4. Какой должна быть подача по отношению к допустимой?
5. Какие режимы резания наиболее влияют на износ и стойкость резца?

ЛИТЕРАТУРА:

12. Адашкин, А.М., Зуев, В.М. Материаловедение (металлообработка). – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 240 с.
13. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение и слесарное дело: учебное пособие. - Ростов на Дону: Феникс, 2005. – 448с.

ПАСПОРТНЫЕ ДАННЫЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Приложение 1

Токарно-винторезный станок 16K20

Характеристика станка	
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм:	
- над станиной	400
- над суппортом	200
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	2000

Высота резца, устанавливаемого в резцедержателе, мм	25
Мощность двигателя, Nдв, кВт	10
КПД, η	0,75
Частота вращения шпинделя, мин-1	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600
Продольная подача, мм	0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8.
Поперечная подача, мм	0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4
Максимальная осевая составляющая силы резания, допускаемая механизмом подачи РХ, Н	6000

Токарно-винторезный станок 16Б16П

Приложение 2

Характеристика станка	
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм:	320 180
- над станиной	
- над суппортом	
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	1000

Высота резца, устанавливаемого в резцедержателе, мм	25
Мощность двигателя, N _{дв} , кВт	6,3
КПД, η	0,7
Частота вращения шпинделя, мин-1	20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000
Продольная подача, мм	0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8.
Поперечная подача, мм	0,025; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4
Максимальная осевая составляющая силы резания, допускаемая механизмом подачи РХ, Н	6000

Вертикально-сверлильный станок 2Н125

Характеристика станка	
Наибольший диаметр обрабатываемого отверстия в заготовке из стали, мм:	25
Мощность двигателя, N _{дв} , кВт	2,8
КПД, η	0,8
Частота вращения шпинделя, мин-1	45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 2000
Подача, мм	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6.
Максимальная осевая составляющая силы резания, допускаемая механизмом подачи РХ, Н	9000

Вертикально-сверлильный станок 2Н135

Характеристика станка

Наибольший диаметр обрабатываемого отверстия в заготовке из стали, мм:	35
Мощность двигателя, N _{дв} , кВт	4,5
КПД, η	0,8
Частота вращения шпинделя, мин-1	31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400;
Подача, мм	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6.
Максимальная осевая составляющая силы резания, допускаемая механизмом подачи РХ, Н	15000

Приложение 3

Геометрические параметры резцов, оснащенных пластинами из твердого сплава

Обрабатываемый материал		Главный передний угол γ°	Главный задний угол α°	Ширина ленточки, f, мм	Радиус при вершине, r, мм
	Предел прочности, σ_B , МПа				
Сталь	> 300	10 - 16	8 - 10	0,1 – 0,3	0,5 – 2,0
	600 - 900	16	8	0,1 – 0,4	0,5 – 1,0
Жаропрочные стали	600 - 1200	10	10	3 - 5	0,5 – 1,0
Чугун серый		0 – (- 5)	6 - 10	-	-
Цветные сплавы		25 - 30	8 - 15	-	-

Геометрические параметры сверл.

Приложение 4

Параметры	Диаметр сверла
-----------	----------------

	4 - 6	6 - 8	8 - 10	10 - 15	Свыше 15
Чугуны и стали					
Угол при вершине $2\varphi^{\circ}$	127				
Передний угол γ°	0				
Задний угол α°	12 - 14				
Угол наклона винтовой линии ω°	33	34	35		
Угол наклона перемычки ψ°	50		55		
Цветные сплавы					
Угол при вершине $2\varphi^{\circ}$	118				
Передний угол γ°	5				
Задний угол α°	12				
Угол наклона винтовой линии ω°	23 - 28			30	
Угол наклона перемычки ψ°	50				55

Приложение 5

Размеры в мм

Резцы		Исполнение	Сечение резц					Тип пластин по ГОСТ 17163-90 для резцов
правые	левые							

									а				исполнения		
φ = 90°		φ = 100°		φ = 90°		φ = 100°							1		
Обозн а- чение	Прим е- ние- мость	Обозн а- чение	Прим е- ние- мость	Обозн а- чение	Прим е- ние- мость	Обозн а- чение	Прим е- ние- мость								
2130-0451		2130-0452		2130-0453		2130-0454			12x12					13, испо л- нени е 3	13, испо л- нени е 2
2130-0251		2130-0261		2130-0301		2130-0302		1	16x10						
2130-0001		2130-0002		2130-0303		2130-0304			20x12						
2130-0253		2130-0263		2130-0305		2130-0306		1							
2130-0005		2130-0006		2130-0307		2130-0308									
2130-0255		2130-0265		2130-0311		2130-0312		1	25x16						
2130-0009		2130-0010		2130-0313		2130-0314			32x20						
2130-0257		2130-0267		2130-0315		2130-0316		1							
2130-0013		2130-0014		2130-0317		2130-0318									
2130-0259		2130-0269		2130-0321		2130-0322		1	40x25						
2130-0017		2130-0018		2130-0323		2130-0324									

Пример условного обозначения правого резца исполнения 1, сечением $h \times b = 25 \times 16$ мм, $\varphi = 90^\circ$, с пластиной из твердого сплава марки ВК6:

Резец 2130-0255 ВК6 ГОСТ 18884-73

