

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Кафедра технологии функциональных и конструкционных материалов

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к практическим работам по дисциплине

**«История науки о материалах и технологиях»**

для направления подготовки

**22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**

(уровень бакалавриата)

Составители:

Л.В. Картонова,

В.А. Кечин

Владимир – 2016 г.

**Методические указания** к практическим работам по дисциплине «История науки о материалах и технологиях» для направления подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» (уровень бакалавриата)/ Владим. гос. ун-т; Сост.: Л.В.Картонова, В.А. Кечин. Владимир. 2016. – 39 с.

Содержит методические указания к практическим работам по дисциплине «История науки о материалах и технологиях» для направления подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» (уровень бакалавриата)

Библиогр.: 28 назв.

## ВВЕДЕНИЕ

**Цель дисциплины** «История науки о материалах и технологиях» формирование теоретических и практических знаний в области истории науки о материалах и технологиях.

В результате освоения данной дисциплины у студентов формируются основные общепрофессиональные компетенции, отвечающие требованиям ФГОС ВО, к результатам освоения ОПОП ВО по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов».

Таблица 1. Требования к результатам освоения программы бакалавриата

Код	Требования к результатам освоения программы бакалавриата
ОПК-3	готовность применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности

Учебная дисциплина «История науки о материалах и технологиях» относится к базовой части блока 1 ОПОП ВО. Данную дисциплину студенты изучают в 1-м семестре.

Практические занятия являются формой групповой аудиторной работы в небольших группах для освоения практических навыков с целью формирования основных требуемых компетенций, необходимых для освоения основной образовательной программы (ОПК-3).

Таблица 2. Перечень тем практических занятий

№ п/п	Наименование практических занятий
1.	Изучение кристаллического строения металлов
2.	Влияние условий охлаждения на структуру кристаллического слитка
3.	Полимерные и керамические материалы
4.	Нanomатериалы
5.	Обработка давлением (изучение технологического процессаковки)
6.	Сварочное производство (изучение электродных покрытий)
7.	Механическая обработка (изучение процесса обработки заготовок на токарно-винторезных станках)

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА N 1

### Изучение кристаллического строения металлов

Цель работы: изучение кристаллического строения металлов.

#### Задания

1. Используя литературные источники, зарисовать элементарную кристаллическую решетку и параметры решетки для металла, указанного преподавателем.
2. Определить координационное число.
3. Определить базис ячейки.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Составить отчет.

#### Общие положения

Все металлы и их сплавы являются телами кристаллическими. Кристаллическое состояние прежде всего характеризуется определенным, закономерным расположением атомов в пространстве. Для описания кристаллической структуры используют понятие *кристаллической решетки*, которая представляет собой воображаемую пространственную сетку с атомами в узлах, - элементарную ячейку. Трансляцией такого наименьшего объема можно полностью воспроизвести структуру кристалла.

В кристалле элементарные частицы сближены до соприкосновения и располагаются закономерно по разным направлениям. Для упрощения пространственное расположение частиц заменяют схемами, где центры тяжести частиц представляют точками. Точки пересечения прямых линий, в которых располагаются атомы, называются *узлами* кристаллической решетки.

Для описания элементарной ячейки кристаллической решетки используются шесть величин: три отрезка ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) и три угла ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ )

между этими отрезками. Размер элементарной ячейки оценивается тремя отрезками - *параметрами (периодами)* решетки.

Металлы образуют в основном три типа элементарных ячеек кристаллических решеток (рис. 1.1): объемно центрированную кубическую ( $R$ ,  $Na$ ,  $Li$ ,  $Ti_{\beta}$ ,  $Fe_{\alpha}$  и др.), гранецентрированную кубическую ( $Ca_{\alpha}$ ,  $Se$ ,  $Ag$ ,  $Au$ ,  $Cu$ ,  $Fe_{\gamma}$ ,  $Ni$  и др.) и гексагональную плотноупакованную ( $Mg$ ,  $Ti_{\alpha}$ ,  $Zn$ ,  $Ca_{\beta}$  и др.).

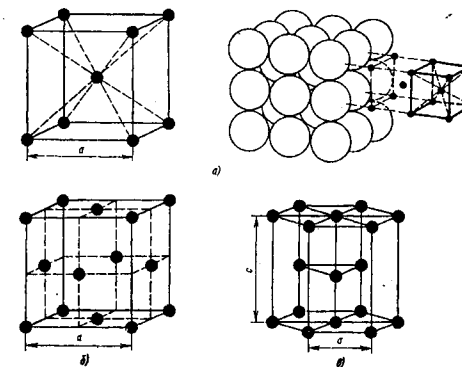


Рис. 1.1. Кристаллические решетки металлов:

$a$  - объемно центрированная кубическая (ОЦК);  $b$  - гранецентрированная кубическая (ГЦК);  $c$  - гексагональная плотноупакованная (ГПУ).

**Объемно центрированная кубическая решетка.** В элементарной ячейке такой решетки девять атомов (восемь - вершинах куба и один - в центре). Каждый угловой атом входит в восемь соседних ячеек, следовательно, на одну ячейку приходится  $8 \cdot 1/8 + 1 = 2$  атома.

**Гранецентрированная кубическая решетка.** В элементарной ячейке такой решетки 14 атомов (8 - в вершинах и 6 - на гранях куба). Каждый угловой атом входит в восемь ячеек; каждый атом, находящийся в центре грани, входит в две соседние ячейки, в центре ячейки атома нет. Следовательно, на одну ячейку приходится  $8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4$  атома.

**Гексагональная плотноупакованная решетка.** В элементарной ячейке такой решетки 16 атомов. Верхние центральные атомы входят

в две соседние ячейки; атомы, образующие вершины призмы, входят в шесть соседних ячеек; атомы, лежащие внутри призмы, целиком принадлежат данной ячейке. Следовательно, на одну ячейку приходится  $2 \cdot 1/2 + 12 \cdot 1/6 + 3 = 6$  атомов.

Элементарная кристаллическая ячейка характеризуется координационным числом, под которым понимают число атомов, находящихся на наиболее близком равном расстоянии от избранного атома.

В объемно центрированной кубической решетке (рис.1.2, а) атом А находится на наиболее близком равном расстоянии от восьми атомов, расположенных в вершинах куба, то есть координационное число этой решетки равно 8 (К8).

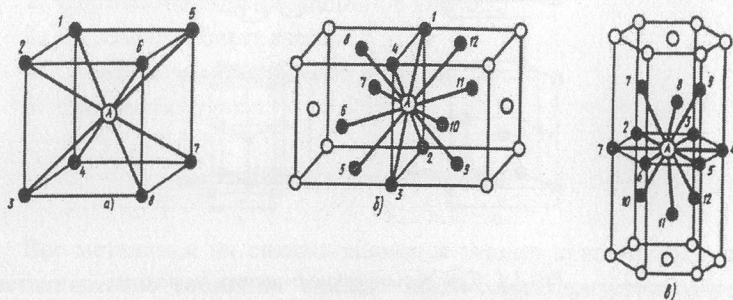


Рис. 1.2. Координационное число в различных кристаллических решетках для атома А:  
а - объемно центрированная кубическая (К8);  
б - гранецентрированная кубическая (К12);  
в - гексагональная плотноупакованная (Г12).

В гранецентрированной кубической решетке (рис.1.2, б) атом А находится на наиболее близком расстоянии от четырех атомов 1, 2, 3, 4, расположенных в вершинах куба, от четырех атомов 5, 6, 7, 8, расположенных на гранях куба, и от четырех атомов 9, 10, 11, 12, принадлежащих расположенной рядом кристаллической ячейке. Атомы 9, 10, 11, 12 симметричны 5, 6, 7, 8. Следовательно, для гранецентрированной кубической решетки координационное число равно 12 (К12).

В гексагональной плотноупакованной решетке (рис.1.2, в) атом А находится на наиболее близком расстоянии от шести атомов 1, 2, 3, 4, 5, 6, расположенных в вершинах шестигранника, и от трех атомов 7, 8, 9, расположенных в средней плоскости призмы. Кроме того, атом А находится на таком же расстоянии еще от трех атомов 10, 11, 12, принадлежащих кристаллической ячейке, лежащей ниже основания. Атомы 10, 11, 12 симметричны атомам 7, 8, 9. Таким образом, для гексагональной плотноупакованной решетки координационное число 12 (Г12).

Чем выше координационное число, тем выше плотность упаковки кристаллической решетки, т.е. объем, занятый атомами.

### Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. Рисунок кристаллической решетки для указанного преподавателем металла, с указанием параметров решетки.
3. Определение координационного числа и числа атомов, принадлежащих одной кристаллической решетке (базиса).
4. Список используемой литературы.

### Контрольные вопросы

1. Что такое пространственная решетка, элементарная ячейка?
2. Какие пространственные решетки встречаются среди металлов?
3. Координационное число и методика его вычисления.
4. Определение числа атомов, принадлежащих одной кристаллической решетки (базиса).

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### Влияние условий охлаждения на структуру кристаллического слитка

Цель работы: изучить влияние условий охлаждения на структуру кристаллического слитка.

#### Задания

1. Используя литературные источники, ознакомиться со строением кристаллического слитка при нормальных условиях охлаждения.
2. В соответствии с выданным заданием определить действие среды на строение кристаллического слитка.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Составить отчет.

#### Общие положения

Переход металла из жидкого состояния в твердое называется кристаллизацией. При этом образуются кристаллы.

Кристаллы, образующиеся в процессе затвердевания металла, могут иметь различную форму в зависимости от скорости охлаждения, характера и количества примесей. Нередко в процессе кристаллизации образуются разветвленные (древовидные) кристаллы, получившие название дендритов (рис. 2.1).

Структура литого слитка состоит из трех основных зон (рис. 2.2).

Наружная *мелкозернистая корка* (зона мелкозернистых кристаллов 1) состоит из дезориентированных мелких кристаллов – дендритов. При соприкосновении жидкого металла со стенками фор-

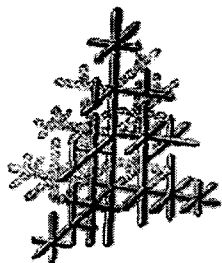


Рис. 2.1. Схема древовидного кристалла Чернова

мы в результате резкого перепада температуры и явления переохлаждения происходит образование большого количества центров кристаллизации, в результате зона имеет мелкозернистое строение.

После образования корки условия теплоотвода меняются.

В направлении обратном направлению отвода тепла нормально к поверхности образуется зона *столбчатых кристаллов* 2, которая является более плотной и содержит меньше раковин и пузырей. Однако места стыка таких кристаллов имеют низкую прочность.

Зона *равноосных кристаллов* 3 образуется в центре слитка при отсутствии определенной направленности отвода тепла.

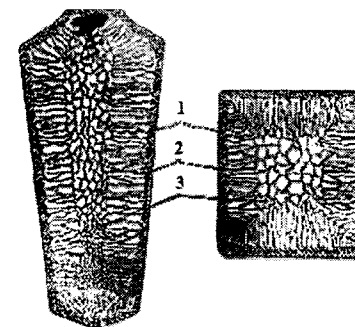


Рис. 2.2. Строение литого слитка:  
1 – зона мелкозернистых кристаллов,  
2 – зона столбчатых кристаллов,  
3 – зона равноосных кристаллов

#### Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. В соответствии с выданным заданием описание действие среды на строение кристаллического слитка.
3. Список использованной литературы.

#### Контрольные вопросы

1. Что такое кристаллизация?
2. Строение кристаллического слитка при нормальных условиях охлаждения.
3. Как можно получить мелкое зерно в литом металле?
4. Опишите строение кристаллического слитка при быстром и при медленном охлаждении.

5. Опишите строение кристаллического слитка при направленном отводе тепла.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

#### Полимерные и керамические материалы

Цель работы: изучение общих сведений о полимерных и керамических материалах.

#### Задания

1. По литературным источникам ознакомиться со строением полимерных и керамических материалов.
2. Изучить строение, область применения и классификацию полимерных материалов.
3. Изучить получение, область применения и классификацию керамических материалов.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Составить отчет.

#### Общие положения

К *полимерным пластическим материалам* относятся вещества, получаемые на основе природных или синтетических высокомолекулярных полимеров. Полимеры – это высокомолекулярные материалы с очень большой молекулярной массой. В инженерной практике такие материалы называют **пластмассами**.

Полимерные высокомолекулярные соединения состоят из сотен и тысяч атомов, основа структуры полимеров – макромолекулы, которые построены из многократно повторяющихся звеньев. Структура макромолекулы определяет свойства полимеров. По форме макромолекул полимеры делят на линейные (цеповидные), плоские, разветвленные, ленточные (лестничные), пространственные или сетчатые.

*Линейные макромолекулы* представляют собой длинные зигзагообразные или закругленные в спираль цепочки. Наличие гибких макромолекул с высокой прочностью вдоль цепи и слабыми межмолекулярными связями обеспечивает эластичность материала, способность размягчаться при нагреве, а при охлаждении снова затвердевать (полиамиды, полиэтилен и др.).

*Разветвленные макромолекулы* отличаются от линейных наличием боковых ответвлений, что препятствует их плотной упаковке (полиизобулен).

Макромолекула *ленточного (лестничного) полимера* состоит из двух цепей, соединенных химическими связями. Такие полимеры имеют более жесткую основную цепь, они обладают большей жесткостью, повышенной теплостойкостью. Кроме того, лестничные полимеры нерастворимы в стандартных органических соединениях (кремнийорганические полимеры).

При соединении макромолекул («сшивке») между собой прочными химическими связями образуются *пространственные или сетчатые полимеры* с различной плотностью сети. Именно пространственные полимеры лежат в основе конструкционных неметаллических материалов. *Редкосетчатые полимеры* обладают упругостью (мягкие резины) и теряют способность растворяться и плавиться. *Густосетчатые полимеры* отличаются твердостью, повышенной теплостойкостью и нерастворимостью. К сетчатым полимерам также относятся пластинчатые (паркетные) полимеры, например графит.

Пластмасса – это материал, который представляет собой композицию полимера с различными ингредиентами. Состав композиций, изготовленных на основе полимеров, разнообразен. Простые пластмассы – это полимеры без добавок, тогда как сложные пластмассы – это смеси полимеров с различными добавками (наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, специальные добавки и др.).

*Наполнители* – это органические и неорганические вещества, как правило, инертные по отношению к полимеру, в виде порошков (древесная мука, сажа, графит, слюда, тальк и др.), волокон (полимерные, стеклянные, хлопчатобумажные и др.), листов (бумага, ткани из раз-



личных волокон, древесный шпон). Их добавляют в количестве 40 – 70 % для повышения механических свойств, снижения стоимости готовой продукции, изменения других параметров.

*Стабилизаторы* – различные органические вещества, которые вводят в количестве нескольких процентов для сохранения структуры молекул и стабилизации свойств, чтобы замедлить процесс старения. Стабилизаторы вводятся в состав композиции для повышения долговечности: антиокислители предотвращают термоокислительные реакции, светостабилизаторы предотвращают фотоокисление.

*Пластификаторы* – вещества (например, сложные эфиры, стеарин), уменьшающие межмолекулярное взаимодействие и хорошо совмещающиеся с полимерами. Их добавляют в количестве 10 – 20 % для уменьшения хрупкости, облегчения обработки, улучшения морозостойкости и огнестойкости.

*Специальные добавки* – смазочные вещества (стеарин, олеиновая кислота), красители (минеральные пигменты, спиртовые растворы органических красок), добавки для уменьшения статических зарядов и горючести, для защиты от плесени, ускорители и замедлители отверждения и другие – служат для изменения или усиления какого-либо свойства.

*Отвердители* – вещества, которые изменяют структуру полимера, влияя на свойства пластмасс. Их добавляют в количестве нескольких процентов для создания межмолекулярных связей и встраивания молекул отвердителя в общую молекулярную сетку. Чаще всего используют отвердители, ускоряющие процесс полимеризации.

**Керамика** – неорганические поликристаллические материалы, получаемые из сформированных минеральных масс (глины и их смеси с минеральными добавками) в процессе высокотемпературного (1200 – 2500 °С) обжига. Керамика – это большая группа неметаллических материалов разного химического состава, объединяемая по общности технологий.

Технология керамики заключается в тонком измельчении исходного сырья, формировании изделий методами обработки давлением или по литейной технологии и последующих сушке и обжиге. При

этом используются главным образом каолины и глины, а также и другие виды минерального сырья, например чистые оксиды.

При нагреве глины во время спекания в ней начинают последовательно происходить следующие химические и физико-химические процессы, приводящие к полному и необратимому изменению ее структуры:

- удаление химически связанной воды (500 – 600 °С);
- разложение обезвоженной глины на оксиды (800 – 900 °С);
- образование новых водостойких и тугоплавких минералов (1000 – 1200 °С);
- образование некоторого количества расплава из легкоплавких компонентов глины (900 – 1200 °С);
- образование прочного камневидного материала за счет связывания твердых частиц образовавшимся расплавом.

При спекании отдельные частицы порошков превращаются в монолит, при этом формируются окончательные свойства керамических материалов. Процесс спекания сопровождается уменьшением пористости и усадкой.

### Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе.

Работа проводится в виде семинарского занятия, в процессе которого рассматриваются следующие вопросы:

1. Строение полимерных материалов.
2. Классификация полимерных материалов.
3. Область применения полимерных материалов.
4. Получение керамических материалов.
5. Область применения керамических материалов.
6. Классификация керамических материалов.

## Контрольные вопросы

1. Что относится к полимерным материалам? Особенности свойств полимеров.
2. Что такое наполнители пластмасс, их назначение? Какие наполнители вы знаете?
3. С какой целью вводят отвердители пластмассы? Какие добавки вводят в состав композиций?
4. Достоинства и недостатки пластмасс. В чем преимущества пластмасс по сравнению с металлическими материалами?
5. Дайте классификацию пластмасс?
6. Что представляет собой керамика?
7. Какова технология получения керамики?
8. Область применения керамических материалов.
9. Как классифицируют керамических материалов?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

### Наноматериалы

Цель работы: изучить структуру фуллеренов, их производных и нанотрубок.

#### Задания

1. По литературным источникам ознакомиться со строением фуллеренов, их производных и нанотрубок.
2. Изучить строение углеродных нанотрубок.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Составить отчет.

## Общие положения

Значительный интерес научных и технических кругов к изучению способов получения, структуре и свойствам наноразмерных систем обусловлен многообразием и уникальностью вариантов их практического применения. Малый размер структурных составляющих - обычно до 100 нм - определяет отличие свойств наноматериалов от массивных аналогов.

Поскольку любое вещество состоит из дискретных единиц, называемых атомами, ожидалось, что это даст принципиальную возможность построения и конструирования структуры материала атом за атомом. Например, хранение информации в малых объемах, увеличение скорости передачи информации - это только одна из причин возрастающего интереса к системам и устройствам, которые имеют наноразмеры.

Другая причина в том, что наноматериалы обнаруживают новые и часто уникальные или более высокие свойства по сравнению с традиционными материалами. Это, в свою очередь, открывает их новые технологические применения.

В последнее десятилетие во многих промышленно развитых странах сформировалось научно-техническое направление «Наночастицы, -материалы, -технологии и -устройства», которое становится самым быстрорастущим по объему финансирования в мире. Уже действуют национальные, а также транснациональные фирмы, занимающиеся производством наноматериалов, а также крупномасштабными исследованиями в этой области.

В ряде работ разделяются такие понятия, как нанопорошки (или наночастицы) и массивные твердые вещества с нанокристаллической структурой (рис.4.1).

Под нанокристаллическими (наноструктурными, нанофазными, нанокомпозитными) материалами принято понимать такие материалы, у которых размер отдельных кристаллитов или фаз, составляющих их структурную основу, не превышает 100 нм хотя бы в одном измерении.



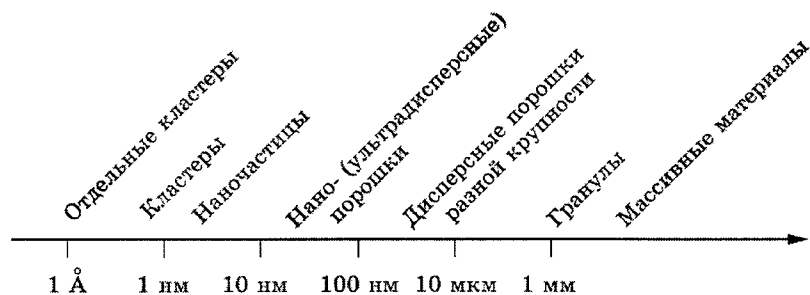


Рис. 4.1. Классификация материалов по размерам

Нанокристаллические материалы, строго говоря, не попадают под определение дисперсных систем, поскольку в них нет дисперсной фазы и дисперсионной среды. В действительности между дисперсными средами и массивными материалами с дисперсной структурой много общего. Нанопорошки и массивные твердые вещества с нанокристаллической структурой можно представить как два типа малых частиц. В первом случае они изолированы друг от друга или слабо взаимодействуют между собой, а во втором — имеют жесткую связь. Но в обоих наноматериалах специфика свойств определяется малыми размерами их морфологических составляющих.

На рис.4.2. представлена одна из классификаций наноматериалов.

Углерод является достаточно распространенным элементом. В твердом состоянии в природе он присутствует в виде графита и алмаза. Искусственно были созданы также такие модификации углерода, как карбин и лонсдейлит. Последний был также обнаружен в составе метеоритов.

В 1985 г. при исследовании паров графита, полученных испарением лазерным лучом при длительности лазерного импульса 5 нс с поверхности вращающегося графитового диска, были обнаружены наличие кластеров (или многоатомных молекул) углерода.

Фуллерены представляют собой замкнутые молекулы углерода, в которых все атомы расположены в вершинах правильных шестиугольников или пятиугольников, покрывающих поверхность сферы

или сфероида. Название фуллеренов связано с именем известного американского архитектора и математика Фуллера. Как архитектор он предложил строительные конструкции в виде многогранных сфероидов, предназначенные для перекрытия помещений большой площади, а как математик — использовал системный подход к анализу структур различного происхождения и показал, что структура является самостабилизирующейся системой.

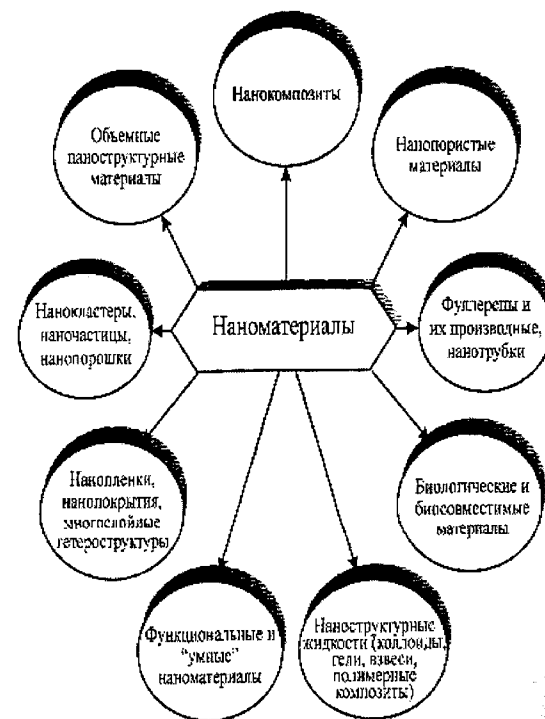


Рис. 4.2. Классификация наноматериалов.

Фуллерены отличаются необычной кристаллографической симметрией и уникальными свойствами.

В настоящее время понятие «фуллерены» применяется к широкому классу многоатомных молекул углерода с общей формулой  $C_n$  ( $n$  – четное), имеющих форму замкнутого полого многогранника. Фуллерены являются четвертой аллотропной формой углерода (первые три – алмаз, графит и карбин). Наиболее известные фуллерены –  $C_{60}$  и  $C_{70}$  ( $C_{60}$  имеет сферическую форму схожую с футбольным мячом, а  $C_{70}$  – ближе к форме дыни). По мере исследования фуллеренов были синтезированы и изучены и другие молекулы фуллеренов, содержащих различное число атомов углерода – от 36 до 540 и более.

Молекула  $C_{60}$  – самая симметричная из всех известных до сих пор. Она состоит из шестидесяти атомов углерода, расположенных на сферической поверхности с диаметром  $\sim 1$  нм.

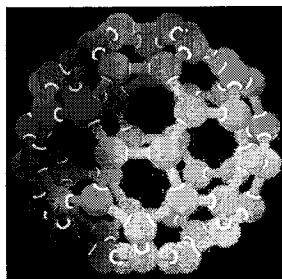


Рис. 4.3. Молекула фуллерена  $C_{60}$

Атомы углерода располагаются на поверхности сферы в вершинах пятиугольников (пентагонов) и шестиугольников (гексагонов). Эта молекула напоминает футбольный мяч, имеющий 12 черных пентагонов и 20 белых гексагонов. В молекуле  $C_{60}$  атомы углерода связаны между собой ковалентной связью. Такая связь осуществляется обобществлением валентных (внешних) электронов атомов. Каждый атом углерода в молекуле  $C_{60}$  связан с тремя другими атомами, образуя при этом правильные пятиугольники (их 12) и неправильные шестиугольники (их 20).

При определенных условиях молекулы  $C_{60}$  упорядочиваются в пространстве, располагаясь в узлах кристаллической решетки

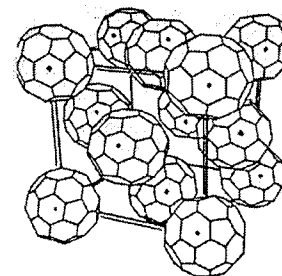


Рис. 4.4. Кристаллическая решетка  $C_{60}$

Твердофазные структуры, образованные на основе молекул фуллерена, называют фуллеритами. Кристалл фуллерита  $C_{60}$  обладает кубической структурой с ГЦК решеткой, имеющей постоянную решетки 1,42 нм и плотность  $1,65 \pm 0,03$  г/см<sup>3</sup>. Вещество устойчиво на воздухе, не плавится и не разлагается до 360°C, после чего начинает сублимировать.

Углеродные нанотрубки (УНТ) – это протяженные структуры в виде полого цилиндра, состоящие из одного или нескольких свернутых в трубку графитовых слоев с гексагональной организацией углеродных атомов. Диаметр УНТ колеблется от одного до нескольких десятков нанометров, а длина измеряется десятками микрон и постоянно увеличивается по мере совершенствования технологии их получения. УНТ по своей структуре занимают промежуточное положение между графитом и фуллеренами, но многие их свойства не имеют ничего общего ни с графитом, ни с фуллеренами. Это позволяет рассматривать нанотрубки как самостоятельный материал, обладающий уникальными физико-химическими характеристиками.

По своей структуре нанотрубки могут быть однослойными и многослойными.

Многослойные нанотрубки обладают большим разнообразием формы как в поперечном, так и продольном направлениях. Возможные разновидности показаны на рис.4.5.

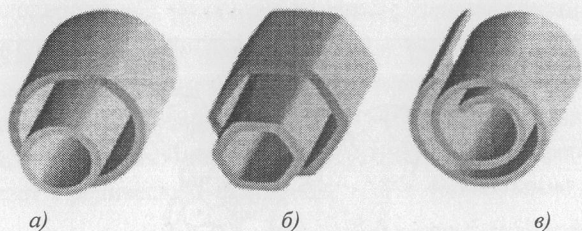


Рис. 8.5. Модели поперечных структур многослойных нанотрубок: а) «русская матрешка», б) шестигранная призма, в) свиток (сверток)

Наиболее распространена многослойная структура типа «русская матрешка».

### Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе.

Работа проводится в виде семинарского занятия, в процессе которого рассматриваются следующие вопросы:

1. Строение фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$ .
2. Классификация полимерных материалов.
3. Область применения полимерных материалов.
4. Получение керамических материалов.
5. Область применения керамических материалов.
6. Классификация керамических материалов.

### Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
1. Изображение фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$ .
2. Описание фуллерита с конкретными примерами.
3. Изображение моделей поперечных структур многослойных нанотрубок («русская матрешка», шестигранная призма, свиток (сверток)).
4. Список использованной литературы.

### Контрольные вопросы

1. Что представляют собой наноматериалы?
2. Каково строение фуллеренов  $C_{60}$ ?
3. Чем отличаются фуллерены  $C_{60}$  и  $C_{70}$ ?
4. Что такое фуллерит? Приведите конкретные примеры.
5. Классификация углеродные нанотрубки.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

### Обработка давлением

Цель работы: изучить процессковки.

### Задание

1. Ознакомиться с основными технологическими операциямиковки.
2. Разработать последовательность операций и переходов изготовления конкретной поковки, указанной преподавателем.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Составить отчет.

### Общие положения

Ковка – вид горячей обработки металлов давлением, при котором металл деформируется с помощью универсального инструмента. Нагретую заготовку укладывают на нижний боек и верхним бойком последовательно деформируют отдельные ее участки. Металл свободно течет в стороны, не ограниченные рабочими поверхностями инструмента, в качестве которого применяют плоские или фигурные (вырезные) бойки, а также различный подкладной инструмент.

Ковкой получают заготовки для последующей механической обработки. Эти заготовки называют коваными поковками, или просто поковками.

Процесс ковки состоит из чередования в определенной последовательности основных и вспомогательных операций. Каждая операция определяется характером деформирования и применяемым инструментом. К основным операциям ковки относятся осадка, протяжка, прошивка, отрубка, гибка.

Осадка – операция уменьшения высоты заготовки при увеличении площади ее поперечного сечения (рис. 5.1, а). Осадкой не рекомендуется деформировать заготовки, у которых отношение высоты  $h_{заг}$  к диаметру  $d_{заг}$  больше 2,5, так как в этом случае может произойти продольное искривление заготовки. Осаживают заготовки между бойками или подкладными плитами.

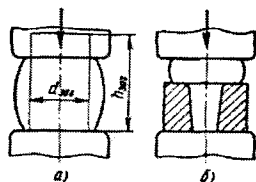


Рис. 5.1. Схемы осадки (а) и высадки (б)

Разновидностью осадки является высадка (рис. 5.1, б), при которой металл осаживают лишь на части длины заготовки.

Протяжка – операция удлинения заготовки или её части за счет уменьшения площади поперечного сечения (рис. 5.2, а). Протяжку производят последовательными ударами или нажатиями на отдельные участки заготовки, примыкающие один к другому, с подачей заготовки вдоль оси протяжки и поворотами ее на  $90^\circ$  вокруг этой оси. При каждом нажатии уменьшается высота сечения, увеличиваются ширина и длина заготовки. Общее увеличение длины равно сумме приращений длин за каждое нажатие, а уширение по всей длине одинаково. Если заготовку повернуть на  $90^\circ$  вокруг горизонтальной оси и повторить протяжку, то уширение, полученное в предыдущем проходе,

устраняется, а длина заготовки снова увеличивается. Чем меньше подача при каждом нажатии, тем интенсивнее удлинение. Однако при слишком малой подаче могут получиться зажимы (рис. 5.2, б).

Протягивать можно плоскими и вырезными бойками. При протяжке на плоских бойках в центре изделия могут возникнуть (особенно при протяжке круглого сечения) значительные растягивающие напряжения, которые приводят к образованию осевых трещин. При протяжке с круга на круг в вырезных бойках силы, направленные с четырех сторон к осевой линии заготовки, способствуют более равномерному течению металла и устранению возможности образования осевых трещин.

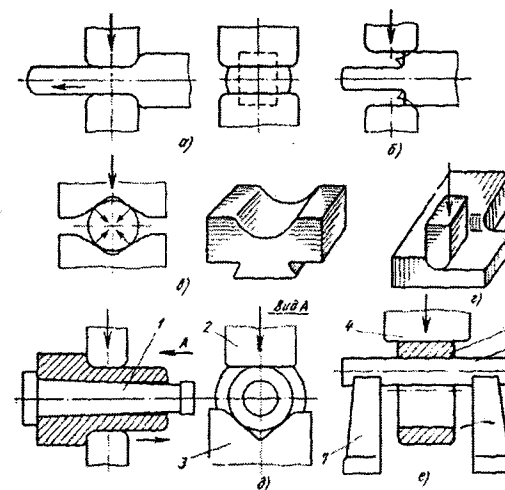


Рис. 5.2. Схемы протяжки и ее разновидности

Протяжка имеет ряд разновидностей.

Разгонка – операция увеличения ширины части заготовки за счет уменьшения ее толщины (рис. 5.2, г).

Протяжка с оправкой – операция увеличения длины пустотелой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок (рис. 5.2, д). Протяжку выполняют в вырезных бойках (или нижнем вырезном 3 и

верхнем плоском 2) на слегка конической оправке 1. Протягивают в одном направлении – к расширяющемуся концу оправки, что облегчает ее удаление из поковки.

Раскатка на оправке – операция одновременного увеличения наружного и внутреннего диаметров кольцевой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок (рис. 5.5, е). Заготовка 5 опирается внутренней поверхностью на цилиндрическую оправку 6, устанавливаемую концами на подставках 7, и деформируется между оправкой и узким длинным бойком 4. После каждого нажатия заготовку поворачивают относительно оправки.

Протяжку с оправкой и раскатку на оправке часто применяют совместно. Вначале раскаткой уничтожают бочкообразность предварительно осажженной и прошивной заготовки и доводят ее внутренний диаметр до требуемых размеров. Затем протяжкой с оправкой уменьшают толщину стенок и увеличивают до заданных размеров длину поковки.

Прошивка – операция получения полостей в заготовке за счет вытеснения металла. Прошивкой можно получить сквозное отверстие или углубление (глухая прошивка). Инструментом для прошивки служат прошивки.

Отрубка – операция отделения части заготовки по незамкнутому контуру путем внедрения в заготовку деформирующего инструмента – топора.

#### Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. Краткое содержание работы.
3. Таблица с эскизами операций.
4. Список использованной литературы.

#### Последовательность операций изготовления поковки

Наименование операций ковки	Эскизы ковки по операциям

#### Контрольные вопросы

1. Каково назначение и сущность процесса ковки.
2. В чем заключаются операции осадки, протяжки, прошивки, отрубки, гибки? какой при этом применяется инструмент?
3. Какое оборудование применяется при ковке?
4. Как влияет деформация на структуру и свойства металлов и сплавов?
5. Какие условия протекания, достоинства и недостатки горячей деформации?

#### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

##### Сварочное производство (изучение электродных покрытий)

Цель работы: изучить назначение компонентов покрытий электродов, применяемых при электродуговой сварке конструкционных сталей.

#### Задания

1. Ознакомиться с составом покрытий электродов, используемых при сварке конструкционных сталей.
2. Определить назначение каждого компонента покрытий электродов, предложенных преподавателем.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Составить отчет.

#### Общие положения

Сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений материалов посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве,

или пластическом деформировании, или совместным действием того и другого.

Физическая сущность процесса сварки заключается в образовании прочных связей между атомами или молекулами на соединяемых поверхностях заготовок. Для образования соединений необходимо выполнение следующих условий: освобождение свариваемых поверхностей от загрязнений, оксидов и адсорбированных на них инородных атомов; энергетическая активация поверхностных атомов, облегчающая их взаимодействие друг с другом; сближение свариваемых поверхностей на расстояния, сопоставимые с межатомным расстоянием в свариваемых заготовках.

При электродуговой сварке покрытия металлических электродов обеспечивают получение сварных швов с необходимыми механическими свойствами.

Компоненты, входящие в состав покрытий, условно разделяют на следующие группы: стабилизирующие (ионизирующие), шлакообразующие, раскисляющие, легирующие, газообразующие и связующие.

Стабилизирующие составляющие облегчают возбуждение дуги и поддерживают ее горение. Сварочная дуга, представляющая мощный электрический разряд, может существовать при наличии электрически заряженных частиц в газовом промежутке между электродом и свариваемым изделием. Это обеспечивается введением в зону сварки элементов калия, натрия и кальция, обладающих низким потенциалом ионизации (т.е. легко ионизируемых). Указанные элементы вводятся в покрытия для лучшей стабилизации сварочной дуги в виде соединений:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{KNO}_3$  в составе мела, мрамора, гранита, полевого шпата, поташа, калиевой селитры и других веществ.

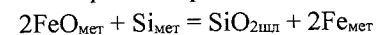
Шлакообразующие вещества плавятся при температуре, близкой к температуре плавления металла электродами образуют слой шлака на расплавленном металле. Шлаковый слой защищает расплавленный металл от вредного влияния окружающего воздуха и регулирует скорость охлаждения сварочной ванны, улучшает условия кристаллиза-

ции сварочного шва. В качестве шлакообразующих веществ в покрытия вводят: титановую руду, марганцевые руды, полевой шпат, мел, каолин, мрамор, кварцевый песок, доломит, плавленый шпат и др.

Следует обратить внимание на плавленый шпат  $\text{CaF}_2$ , который в отличие от других веществ, содержащих  $\text{Ca}$ , снижает устойчивость горения дуги. Но он обладает и ценными свойствами: снижает вязкость и температуру плавления шлака, способствует удалению водорода из сварочной ванны, присутствие которого обуславливает целый ряд дефектов сварного шва: нор, микро-, макротрещин и др. Обычно плавленый шпат вводят в покрытия электродов для сварки на постоянном токе.

Раскисляющие вещества должны обладать большим сродством с кислородом, чем железо и, следовательно, обеспечивать раскисление сварочной ванны. К ним относятся: кремний, марганец, титан, алюминий и др., вводимые в электродные покрытия обычно в виде ферросплавов.

Наиболее типичные реакции раскисления:



Образующие окислы элементов-раскислителей плохо растворимы в жидком металле и переходят в шлак.

Легирующие вещества улучшают физико-механические свойства сварного шва. В качестве легирующих элементов в состав покрытий вводят в виде ферросплавов марганец, хром, титан, ванадий, молибден, никель, вольфрам и др.

Газообразующие вещества создают при сварке газовую атмосферу, которая предохраняет расплавленный металл от взаимодействия с кислородом и азотом воздуха. Газовая атмосфера образуется при сгорании древесной муки, крахмала, пищевой муки, декстрина, целлюлозы или при разложении углекислого кальция с выделением окиси углерода и углекислого газа.

Связующие вещества все компоненты покрытия в виде твердой корки удерживают на металлическом стержне. Обычно для этой цели применяется жидкое стекло.



## Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. Заполненная таблица о действии покрытия электродов, указанных преподавателем.
3. Список использованной литературы.

Марка электрода	Наименование компонентов, %					
	стабилизирующие	шлакообразующие	газообразующие	раскисляющие	легирующие	связующие

## Контрольные вопросы

1. Чем объясняется то, что электрод без покрытия горит хуже, чем с покрытием?
2. Для чего вводят в электродные покрытия стабилизирующие, шлакообразующие, раскисляющие, легирующие и связующие вещества?
3. Какие вещества можно отнести к стабилизирующим, шлакообразующим, раскисляющим, легирующим и связующим?
4. Каково назначение плавикового шпата в электродном покрытии?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

### Механическая обработка

Цель работы: научиться определять последовательность обработки деталей машин на токарно-винторезных станках.

### Задания

1. Определить, какие поверхности можно получить подрезанием, сверлением, обтачиванием и растачиванием при изготовлении конкретных деталей, эскизы которых выдаются преподавателем.
2. Показать схемы обработки этих поверхностей.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Составить отчет.

### Общие положения

Одна из главных задач машиностроения – дальнейшее развитие, совершенствование и разработка новых технологических методов обработки заготовок деталей машин, применение новых конструктивных материалов и повышение качества обработки деталей. Особенно большое внимание уделяется чистовым и отделочным технологическим методам обработки, объем которых в общей трудоемкости обработки деталей постоянно возрастает. Наряду с механической обработкой резанием применяют методы обработки пластическим деформированием, с использованием химической, электрической, световой, лучевой и других видов энергий.

Обработка металлов резанием – это процесс срезания режущим инструментом с поверхности заготовки слоя металла в виде стружки для получения необходимой геометрической формы, точности размеров, взаиморасположения и шероховатости поверхностей детали.

Технологический метод формообразования поверхностей заготовок точением характеризуется двумя движениями: вращательным движением заготовки (скорость резания) и поступательным движе-

ем режущего инструмента – резца (движение подачи). Движение подачи осуществляется параллельно оси вращения заготовки (продольная подача), перпендикулярно к оси вращения заготовки (поперечная подача), под углом к оси вращения заготовки (наклонная подача).

Разновидности течения: обтачивание – обработка наружных поверхностей; растачивание – обработка внутренних поверхностей; подрезание – обработка плоских (торцовых) поверхностей; резка – разделение заготовки на части или отрезка готовой детали от заготовки – пруткового проката.

На вертикальных полуавтоматах, автоматах и токарно-карусельных станках заготовки имеют вертикальную ось вращения, на токарных станках других типов – горизонтальную. На токарных станках выполняют черновую, получистовую и чистовую обработку поверхностей заготовок.

По технологическому назначению различают резцы:

- проходные для обтачивания наружных цилиндрических и конических поверхностей;
- подрезные для обтачивания плоских торцовых поверхностей;
- расточные и для растачивания сквозных и глухих отверстий;
- отрезные для разрезания заготовок;
- резьбовые для нарезания наружной и внутренней резьбы;
- фасонные круглые и призматические для обтачивания фасонных поверхностей;
- прорезные для обтачивания кольцевых канавок и др.

По характеру обработки различают резцы черновые, получистовые и чистовые.

По форме рабочей части резцы делят на прямые, отогнутые, оттянутые.

По направлению подачи резцы подразделяют на правые и левые. Правые работают с подачей справа налево, левые – слева направо.

По способу изготовления различают резцы целые, с приваренной встык рабочей частью, с приваренной или припаянной пластинкой инструментального материала, со сменными пластинками режущего материала.

Обтачивание наружных цилиндрических поверхностей выполняют прямыми, отогнутыми или упорными проходными резцами с продольной подачей; гладкие валы, – при установке заготовки на центрах. Вначале обтачивают один конец заготовки, а затем ее поворачивают на  $180^\circ$  и обтачивают остальную часть. Ступенчатые валы обтачивают по схемам деления припуска на части или деления длины заготовки на части.

Подрезание торцов заготовки выполняют перед обтачиванием наружных поверхностей. Торцы подрезают подрезными резцами с поперечной подачей к центру или от центра заготовки. При подрезании от центра к периферии поверхность торца получается менее шероховатой.

Обтачивание скруглений между ступенями валов выполняют проходными резцами с закруглением между режущими кромками по соответствующему радиусу с продольной подачей или специальными резцами с поперечной подачей.

Протачивание канавок выполняют с поперечной подачей прорезными резцами, у которых длина главной режущей кромки равна ширине протачиваемой канавки. Широкие канавки протачивают теми же резцами сначала с поперечной, а затем с продольной подачей.

Сверление, зенкерование и развертывание отверстий выполняют соответствующими инструментами, закрепляемыми в пиноли задней бабки.

Растачивание внутренних цилиндрических поверхностей выполняют расточными резцами, закрепленными в резцедержателе станка, с продольной подачей. Гладкие сквозные отверстия растачивают проходными резцами; ступенчатые и глухие – упорными расточными резцами.

Отрезку обработанных деталей выполняют отрезными резцами с поперечной подачей. При отрезке детали резцом с прямой главной режущей кромкой разрушается образующая шейка и приходится дополнительно подрезать торец готовой детали. При отрезке детали резцом с наклонной режущей кромкой торец получается чистым.

## Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе.

Работа проводится в виде семинарского занятия с разбором конкретных примеров, в процессе которого рассматриваются следующие вопросы:

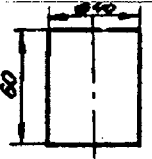
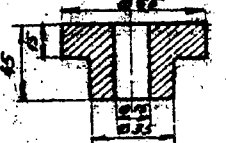
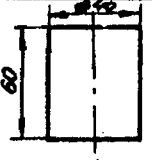
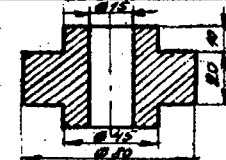
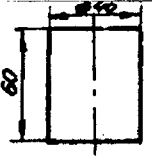
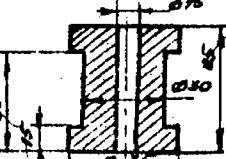
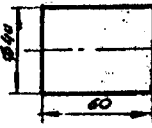
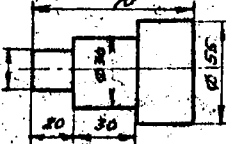
1. Общие сведения о механической обработке металлов резанием.
2. Инструмент, применяемых при обработке на токарных станках.
3. Операции, выполняемые на токарно-винторезных станках.

### Контрольные вопросы

1. Классификация токарных резцов.
2. Каким образом обрабатываются наружные поверхности валов?
3. Как обрабатываются торцевые поверхности?
4. Схемы растачивания.
5. Схемы прорезания канавок и отрезания заготовок.

## Приложение 1

Варианты заданий\* для практической работы №  
«Обработка давлением»

Номер варианта	Эскиз заготовки	Эскиз поковки
1		
2		
3		
4		

\* Методические указания к лабораторным работам по технологии конструкционных материалов/ Владим. политехн. ин-т; Сост. А.В. Панфилов, А.В. Румянцев, В.Б. Цветаева и др. Владимир, 1990. – с. 23

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература:

1. Картонова Л. В. Основы материаловедения металлических и неметаллических веществ / Л. В. Картонова, В. А. Кечин. – Владимир: Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых (ВлГУ), 2014. – 176 с. Издание на др. носителе: Основы материаловедения металлических и неметаллических веществ [Электронный ресурс]. ISBN 978-5-9984-0503-7.

2. Материаловедение и технология материалов: Учебное пособие / К.А. Батышев, В.И. Безпалько; Под ред. А.И. Батышева, А.А. Смолькина. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013 - 288 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-004821-5 <http://znanium.com/bookread2.php?book=397679>

3. Материаловедение и технология материалов: Учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-006899-2, <http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

### Дополнительная литература:

1. Тихомирова Л.Ю. История науки и техники [Электронный ресурс]: конспект лекций/ Тихомирова Л.Ю. – Электрон. текстовые данные. – М.: Московский гуманитарный университет, 2012. – 224 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14518>. – ЭБС «IPRbooks»

2. Лученкова Е.С. История науки и техники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лученкова Е.С., Мядель А.П. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Вышэйшая школа, 2014. – 176 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35486>. – ЭБС «IPRbooks»

3. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебное иллюстрированное пособие / Е.Г. Зарембо. - М.: УМЦ ЖДТ, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9755999400475.html>

### Периодические издания:

Журналы «Вопросы материаловедения», «Материаловедение», «Металловедение и термическая обработка металлов», «Вестник машиностроения», «Литейное производство», «Литейщик России», «Известия вузов», «Цветная металлургия».

*Электронные версии* пособий и методических разработок и указаний:

1. Картонова Л. В. Мини-словарь толкования основных терминов по дисциплине «Материаловедение» [Электронный ресурс] / Л. В. Картонова ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра литейных процессов и конструкционных материалов .— Электронные текстовые данные (1 файл : 273 Кб) .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2003 .— 24 с. — Заглавие с титула экрана .— Библиогр.: с. 23-24 .— Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки .— Adobe Acrobat Reader 4.0.— <URL:<http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/765>>.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Адаскин, Анатолий Матвеевич.** Материаловедение в машиностроении: учебник для бакалавров / А.М. Адаскин, Ю.С. Седов, А.К. Онегина, В.Н. Климов. – Москва: Издательство Юрайт, 2013. – 535 с.: ил. – (Серия: Бакалавр. Углубленный курс). – Библиогр.: с. 533-535. – ISBN 978-5-9916-2867-9

2. **Волков, Георгий Михайлович.** Материаловедение: учебник для технических вузов по немашиностроительным направлениям и специальностям / Г. М. Волков, В. М. Зуев. – Москва: Академия, 2008. – 398 с.: ил. – (Высшее профессиональное образование, Технические специальности). – Библиогр.: с. 394.— ISBN 978-5-7695-4248-0.

3. **Гелин, Феликс Давыдович.** Металлические материалы: Справочник. Минск: Высшая школа, 1987. – 368 с. – Библиогр.: с. 361. – Предм. указ.: с. 362-366.

4. **Геллер, Юлий Александрович.** Материаловедение: учебное пособие для вузов/ Ю. А. Геллер, А. Г. Рахштадт; под ред. А. Г. Рахштадта. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – Москва : Металлургия, 1989. – 456 с.: ил., табл. – Библиогр.: с. 452. – Предм. указ.: с. 453-455. – ISBN 5-229-00228-X.

5. **Гуляев, Александр Павлович.** Металловедение: учебник для вузов / А. П. Гуляев. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва: Металлургия, 1986. – 542 с.: ил., табл. – Библиогр. в конце гл. – Предм. указ.: с. 538-542.

6. **Дриц, Михаил Ефремович.** Технология конструкционных материалов и материаловедение: учебник для немашиностроительных специальностей вузов / М. Е. Дриц, М. А. Москалев. – Москва: Высшая школа, 1990. – 447 с.: ил. – Библиогр.: с. 434-435. – Предм. указ.: с. 436-440. – ISBN 5-06-000144-X.

7. **Журавлев, Виталий Никанорович.** Машиностроительные стали: справочник / В. Н. Журавлев, О. И. Николаева. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1992. – 480 с.: ил., табл. – Библиогр.: с. 470-474. – ISBN 5-217-01306-0.

8. **Золоторевский, Вадим Семенович.** Механические свойства металлов: учебник для вузов по специальности "Металловедение, оборудование и технология термической обработки металлов" / В. С. Золоторевский. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва: Металлургия, 1983. – 350 с.: ил., табл. – Библиогр.: с. 347. – Предм. указ.: с. 348-350.

9. **Иванов, Генрих Павлович.** Надежность материала в технических расчетах / Г.П. Иванов, А.А. Худошин, В.С. Котельников, Ю.В. Кадушкин / Под ред. Д.В. Бушенина. – Владимир: Издательство «Посад», 2002. – 128 с.: ил., табл. – Библиогр.: с. 124-125.

10. **Кечин, Владимир Андреевич.** Цинковые сплавы / В. А. Кечин, Е. Я. Люблинский. – Москва: Металлургия, 1986. – 246 с.: ил., табл. – Библиогр.: с. 242-246.

11. **Колачев, Борис Александрович.** Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: учебное пособие для вузов по специальности "Металловедение и технология термической обработки металлов" / Б. А. Колачев, В. А. Ливанов, В. И. Елагин. – Изд. 3-е, испр. и доп. – Москва: МИСИС, 2001. – 414 с.: ил., табл. – Библиогр.: с. 412-413. – ISBN 5-8763-027-8

12. Композиционные материалы : справочник / В. В. Васильев [и др.]; под общ. ред. В. В. Васильева; Ю. М. Тарнопольского. –

Москва: Машиностроение, 1990. – 510 с.: ил., табл. – Библиогр. в конце гл. – Предм. указ.: с. 502-510. – ISBN 5-217-01113-0.

13. Конструкционные материалы: справочник / Б. Н. Арзамасов [и др.]; под ред. Б. Н. Арзамасова. – Москва: Машиностроение, 1990. – 687 с.: ил., табл. – (Основы проектирования машин). – Библиогр. в конце гл. – Предм. указ.: с. 683-687. – ISBN 5-217-01112-2.

14. **Лахтин, Юрий Михайлович.** Материаловедение: учебник для вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1990. – 528 с.: ил. – (Для вузов). – Библиогр.: с. 520. – Предм. указ.: с. 521-523. – ISBN 5-217-00858-X.

15. **Лейкин, Абрам Ефимович.** Материаловедение. Учебник для для машиностроительных специальностей вузов / А.Е. Лейкин, Б.И.Родин. – М.: Высшая школа, 1971. – 416 с.: ил. – Библиогр.: с.409.

16. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебное пособие для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / А. В. Шишкин [и др.]; под ред. В. С. Чередниченко. – 2-е изд., стер. – Москва: Омега-Л, 2006. – 752 с.: ил., табл. – (Высшее техническое образование). – Библиогр.: с. 719-720. – Предм. указ.: с. 721-742. – ISBN 5-365-00041-2.

17. Материаловедение: учебник для вузов / Б. Н. Арзамасов [и др.]; под ред. Б. Н. Арзамасова. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Москва: Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (МГТУ), 2001. – 646 с., [1] л. портр.: ил., табл. – (Учебник для технических вузов). – Библиогр.: с. 630-631. – Предм. указ.: с. 632-637. – ISBN 5-7038-1860-5.

18. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для вузов по направлению "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств" и "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / В. Б. Арзамасов [и др.]; под ред. В. Б. Арзамасова, А. А. Черепяхина. – 2-е изд., стер. – Москва: Академия, 2009. – 447 с.: ил., табл. – (Высшее профессиональное образование, Машиностроение). – Библиогр.: с. 442-443. – ISBN 978-5-7695-6499-4.

19. **Материаловедение и технология металлов: учебник для вузов / Г. П. Фетисов [и др.]; под ред. Г. П. Фетисова.** – Изд. 4-е, испр. и доп. – Москва: Высшая школа, 2006. – 862 с. – Авт. указаны на обороте тит. л. – Библиогр.: с. 849-854. – ISBN 5-06-004418-1.

20. **Материалы в машиностроении: выбор и применение: справочник в 5 т. / под ред. И. В. Кудрявцева.**— Москва: Машиностроение, 1967. – Т. 1: Цветные металлы и сплавы / И. А. Алексахин [и др.]; под ред. Л. П. Лужникова. – 1967. – 304 с. : ил. – Библиогр. в конце гл. – Предм. указ.: с. 292-304.

21. **Мозберг, Рудольф Карлович.** **Материаловедение: учебное пособие для вузов / Р. К. Мозберг.** – Изд. 2-е, перераб. – Москва: Высшая школа, 1991. – 448 с.: ил. – ISBN 5-06-001909-8.

22. **Пикунов, Михаил Владимирович.** **Металловедение/ М.В.Пикунов, А.И. Десипри.** – М.: Металлургия, 1980. – 256 с. – Библиогр.: с. 250-251. – Предм. указ.: с. 252-254.

23. **Плошкин, Всеволод Викторович.** **Материаловедение: учебное пособие/ В.В. Плошкин.** – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 463 с. – Серия: Основы наук. – Библиогр.: с. 496. – ISBN 978-5-9916-1222-7

24. **Ржевская, Светлана Владимировна.** **Материаловедение: учебник для вузов в области техники и технологии/ С. В. Ржевская.** – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва: Логос, 2006. – 421 с.: ил. – Библиогр.: с. 414-415. – Алф. указ.: с. 406-413. – ISBN 5-98704-179-Х.

25. **Рогов, Владимир Александрович.** **Современные машиностроительные материалы и заготовки: учебное пособие для вузов по направлениям "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств", "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"/ В. А. Рогов, Г. Г. Позняк.** – Москва: Академия, 2008. – 330 с.: ил. – (Высшее профессиональное образование, Машиностроение). – Библиогр.: с. 324-325. – ISBN 978-5-7695-4254-1.

26. **Сильман, Григорий Ильич.** **Материаловедение: учеб. пособие для вузов/ Г.И. Сильман.** – Москва: Издательский центр «Ака-

демия», 2008. – 336 с. – Библиогр.: с. 330-331. – ISBN 978-5-7695-4255-8

27. **Солнцев, Юрий Порфирьевич.** **Материаловедение: учебник для вузов по металлургическим, машиностроительным и общетехническим специальностям/ Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин; под ред. Ю. П. Солнцева.** – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2004. – 735 с.: ил., табл.,схемы. – (Федеральная целевая программа "Культура России") (Учебник для вузов). – Библиогр.: с. 733 -735. – ISBN 5-93808-075-4.

28. **Технология конструкционных материалов/ А.М. Дальский, И.А. Арутюнова, Т.М. Барсукова и др.; Под общ. ред. А.М. Дальского.**- 6-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2005. – 592 с. – ISBN 5-217-03311-8

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1.</b>	
Изучение кристаллического строения металлов .....	4
<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2.</b>	
Влияние условий охлаждения на структуру кристаллического слитка .....	8
<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3.</b>	
Полимерные и керамические материалы .....	10
<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4.</b>	
Нanomатериалы .....	14
<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5.</b>	
Обработка давлением .....	21
<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6.</b>	
Сварочное производство .....	25
<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7.</b>	
Механическая обработка .....	29
Приложение .....	33
Учебно-методическое обеспечение дисциплины .....	34
Библиографический список .....	35