

Министерство науки и высшего образования 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»

Составители:
Л.В. Картонова,
В.А. Кечин

Владимир – 2022 г.

УДК 620.22

Рецензент:

Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Технология машиностроения»

Жданов Алексей Валерьевич

Методические указания к практическим работам по дисциплине «История науки о материалах и технологиях» для направления подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»/ Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых; Сост.: Л.В. Картонова, В.А.Кечин. – Испр. и доп. – Владимир. 2022. – 30 с.

Содержат методические указания к практическим работам по дисциплине по дисциплине «История науки о материалах и технологиях». Разработаны для студентов ВлГУ, обучающихся по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов». Могут быть использованы студентами технических направлений подготовки очной, очно-заочной и заочной формы обучения

ВВЕДЕНИЕ

Цель освоения дисциплины «История науки о материалах и технологиях» – приобретение общепрофессиональных компетенций (ОПК-1), предусмотренных требованиями ФГОС ВО, связанных с формированием теоретических и практических знаний в области истории науки о материалах и технологиях.

Основные задачи курса:

- иметь представления об истории освоения материалов и технологий их обработки человеком;
- правильно классифицировать материалы по составу, свойствам и назначению;
- иметь правильно сформированные научные представления о кристаллическом строении материалов;
- знать способы и методы изучения состава, свойств и состава материалов;
- знать способы получения чистых металлов из руд, основ полимерных и керамических материалов.

Практические занятия являются формой групповой аудиторной работы в небольших группах для освоения практических навыков с целью формирования, необходимых для освоения основной профессиональной образовательной программы. В табл. 1 представлен возможный перечень практических работ.

Таблица 1

Перечень практических работ

№ п/п	Наименование практических занятий
1.	Изучение кристаллического строения металлов
2.	Изучение процесса кристаллизации веществ
3.	Методы исследования структуры металлических материалов
4.	Рентгенофазовый анализ
5.	Получение углеродного наноматериала методом газозофазного химического осаждения
6.	Обработка металлов давлением

Приступая к выполнению практической работы, студент должен заранее, при подготовке к работе, ознакомиться с методическими материалами по данной работе и с рекомендованной литературой, изложенными в практикуме по заданной тематике.

В течение очередного занятия студенты должны защитить оформленный отчет по предыдущей работе и выполнить следующую работу.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 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. Изучить нахождение указанного вещества и его область применения.
5. Ответить на контрольные вопросы.
6. 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 простран-

ственную 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 (α , β , γ) 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_β, Fe_α и др.), гранецентрированную кубическую (Ca_α, Ce, Ag, Au, Cu, Fe_γ, Ni и др.) и гексагональную плотноупакованную (Mg, Ti_α, Zn, Ca_β и др.).

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.

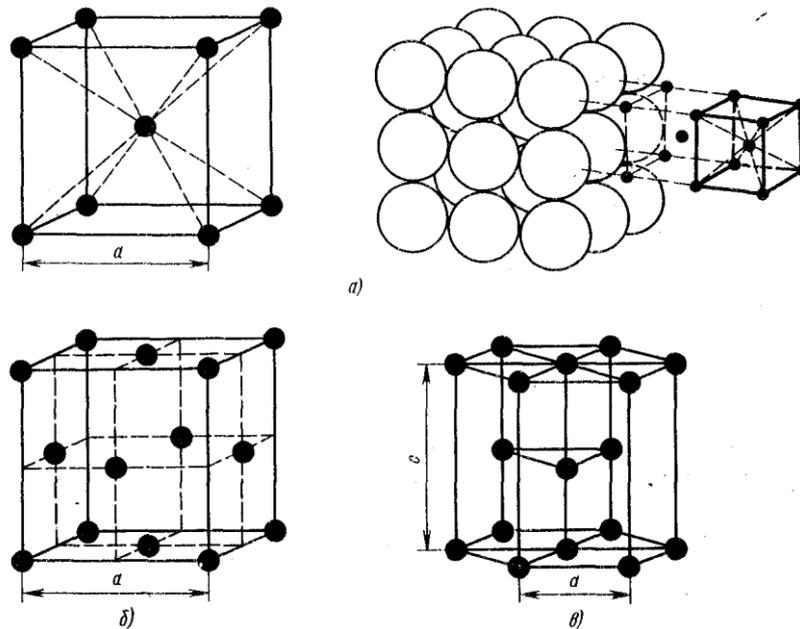


Рис. 1.1. Кристаллические решетки металлов:
 а – объемно центрированная кубическая (ОЦК); б – гранецентрированная кубическая (ГЦК); в - гексагональная плотноупакованная (ГПУ).

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).

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).

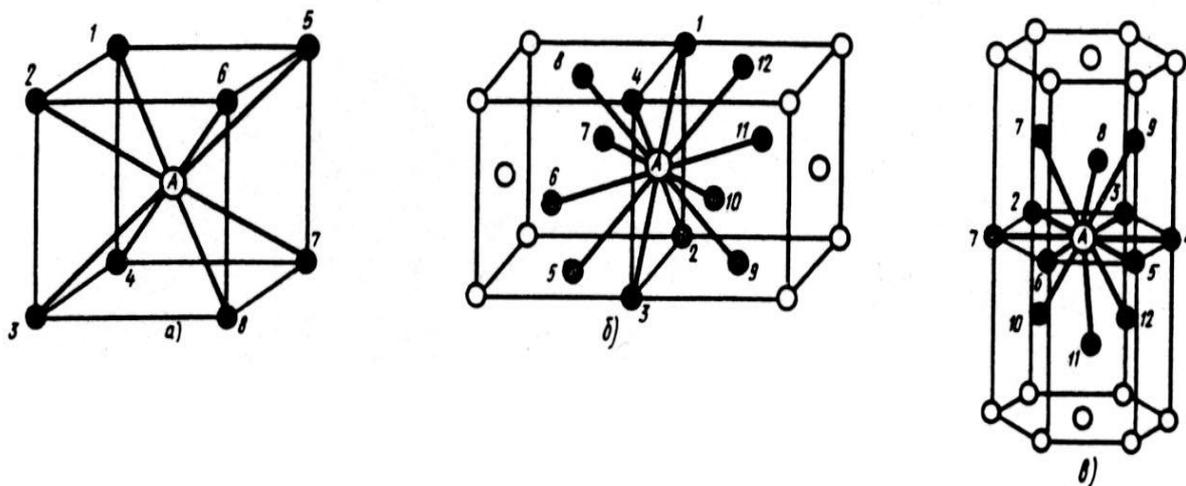


Рис. 1.2. Координационное число в различных кристаллических решетках для атома А:
 а - объемно центрированная кубическая (К8);
 б - гранецентрированная кубическая (К12);
 в - гексагональная плотноупакованная (Г12).

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 базиса.
4. Описать нахождение указанного вещества и его область применения
5. Список используемой литературы.

Контрольные вопросы

1. Что такое пространственная решетка, элементарная ячейка?
2. Какие пространственные решетки встречаются среди металлов?

3. Какими параметрами можно описать кристаллическую решетку?
4. Координационное число и методика его вычисления.
5. Определение базиса решетки.

Литература

1. Материаловедение / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др. Под общ.ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. М. : Изд – во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – с. 4-36;
2. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение. – 3-е изд., перераб. и доп.– СПб.: ХИМИЗДАТ, 2004. – с. 12-40

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Изучение процесса кристаллизации веществ

Цель работы: изучение процесса кристаллизации веществ из растворов и расплавов.

Задания

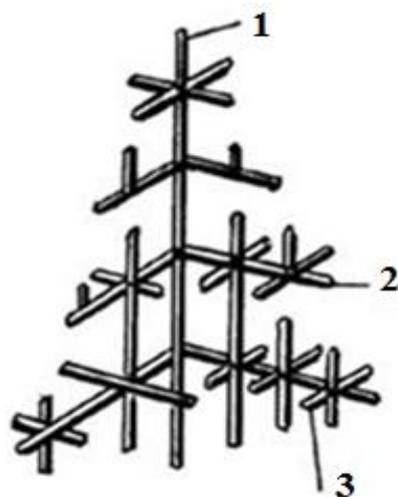
1. Используя литературные источники, изучить пути образования кристаллов и законы кристаллизации веществ.
2. Проследить за процессом кристаллизации капли азотнокислого свинца $Pb(NO_3)_2$.
3. Изучить строение кристаллического слитка при обычных условиях охлаждения.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Составить отчет.

Общие положения

Переход металла из жидкого состояния в твердое называется кристаллизацией. При этом образуются кристаллы. Они могут образовываться как из жидких, так и газообразных и твердых фаз: из расплавов,

из растворов, из газообразного состояния (возгонка), из твердого состояния.

Кристаллы, образующиеся в процессе затвердевания металла (кристаллизация из расплавов), 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).



*Рис. 2.1. Дендритный кристалл
(цифры у осей – соответственно оси первого, второго и третьего порядков)*

Рост кристаллов идет преимущественно в направлении, перпендикулярном к плоскостям с максимальной плотностью упаковки атомов, что ведет сначала к образованию длинных ветви – осей первого порядка. Одновременно на их ребрах зарождаются и растут перпендикулярные к ним такие же ветви – оси второго порядка. А на осях второго порядка зарождаются и растут оси третьего порядка и т. д. В конечном счете образуются разветвленные древовидные кристаллы.

Типичная структура литого слитка состоит из трех основных зон (рис. 2.2). Жидкий металл прежде всего переохлаждается в местах соприкосновения с холодными стенками формы, которые играют роль зародышей, поэтому образуются дезориентированные мелкие кристаллы – дендриты. Отсутствие направленного роста кристаллов объясняется их случайной ориентацией. Данная зона называется *зоной мелкозернистых кристаллов* (мелкозернистая корка) 1. Она имеет небольшую толщину, и не всегда различима невооруженным глазом.

Далее условия теплоотвода меняются, кристаллы преимущественно растут в направлении обратном направлению отвода тепла, т.е. нормально к поверхности. Поэтому образуются вытянутые (столбчатые кристаллы). Данная зона получила название – *зона столбчатых кристаллов* 2. Она является более плотной и содержит меньше раковин и пузырей. Однако места стыка таких кристаллов имеют низкую прочность, так как там собираются нерастворимые примеси.

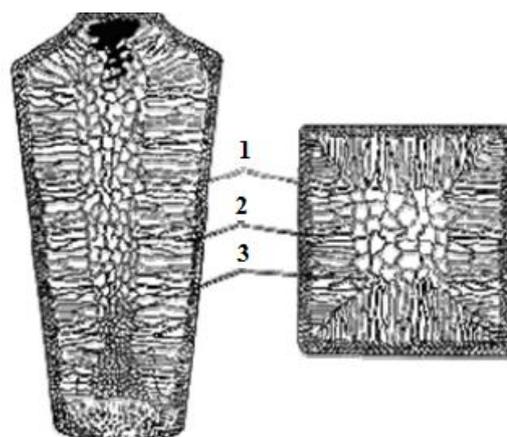


Рис. 1.5. Строение литого слитка:
1 – зона мелкозернистых кристаллов, 2 – зона столбчатых кристаллов, 3 – зона равноосных кристаллов

Зона равноосных кристаллов 3 образуется в центре слитка. В данной зоне наблюдается наименьшая степень переохлаждения и отсутствует направленный отвод тепла.

Используя различные технологические приемы можно изменить не только количественное соотношение зон, но и исключить из структуры слитка какую то зону вообще.

Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. Эскиз закристаллизованной капли азотнокислого свинца $Pb(NO_3)_2$ с указанием осей 1, 2, 3 – го порядка.
3. Эскиз кристаллического слитка с указанием зон и кратким описанием условий их образования.
4. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. Что такое кристаллизация?
2. Строение кристаллического слитка при нормальных условиях охлаждения.
3. Опишите строение кристаллического слитка при быстром и при медленном охлаждении.
4. Опишите строение кристаллического слитка при направленном отводе тепла.

Литература

1. Материаловедение / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др. Под общ.ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. М. : Изд – во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – с. 68-82

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Методы исследования структуры металлических материалов

Цель работы: изучение основных методов исследования структуры металлов.

Задания

1. Используя литературные источники, изучить цели и задачи макроструктурного и микроструктурного анализа.
2. Изучить основные виды изломов (хрупкий, вязкий, смешанный, усталостный).
3. Ознакомиться с устройством металлографического микроскопа МИМ-7.
4. Ознакомиться с методикой приготовления микрошлифов.
5. Ответить на контрольные вопросы.
6. Составить отчет.

Общие положения

Макроскопический анализ заключается в определении строения металла (макростроения) невооруженным глазом или через лупу при небольших увеличениях (до 30 раз). Макроанализ в отличие от микроструктурного анализа не позволяет определить всех особенностей строения. По этой причине макроанализа является не окончательным, а лишь предварительным исследованием.

Макроскопическому исследованию могут быть подвергнуты различного рода объекты. Основные из них: поверхность не разрушенного изделия, изломы, макрошлифы нетравленные или с выявленной специальными реактивами структурой. Макрошлифом называют шлифованный и травленный образец.

Макроскопический анализ применяют для выявления:

- вида излома (вязкий, хрупкий, смешанный, усталостный, нафталинистый и т.д.);
- нарушения сплошности металла (усадочная рыхлость, пористость, трещины, флокены, дефекты сварки и т.д.);
- дендритного строения литого металла;
- химической неоднородности литого металла (ликвацию) и присутствия в нем грубых включений;
- волокнистой структуры деформированного металла;
- структурной и химической неоднородности металла, созданной термической, термомеханической или химико-термической обработкой.

По характеру разрушения различают два основных вида изломов – *хрупкий* и *вязкий*, также *смешанный*, в котором есть области вязкого и хрупкого разрушения. *Вязкий излом* имеет обычно матовый волокнистый вид, тогда как *хрупкий* – кристаллический блестящий, так как разрушение металла в этом случае развивается по определенным кристаллографическим плоскостям скола. Появление вязкого излома менее опасно для службы изделия, так как отличается существенно большей энергоемкостью по сравнению с хрупким.

Специфический излом имеет излом металлов, полученный в результате многократного нагружения под действием повторно-переменных (циклических) напряжений, называемый *усталостным изломом*.

Усталостный излом состоит из очага разрушения – места зарождения (очага) разрушения, зоны стабильного развития трещины (зоны усталости) и зоны долома – участка развития трещины, связанного с

окончательным разрушением. Очаг разрушения обычно находится вблизи поверхности. В зоне усталости часто можно рассмотреть полосы, расходящиеся от очага разрушения - усталостные бороздки, отражающие последовательное положение растущей трещины. Скорость роста трещины невелика. Рост трещины продолжается до тех пор, пока сечение не окажется столь малым, что действующие в нем напряжения превысят разрушающие. При этом происходит быстрое разрушение, что и приводит к образованию зоны долома. Зона долома имеет структуру, характерную для хрупкого и вязкого разрушения в зависимости от природы материала.

Под *микроскопическим анализом (микроанализом)* понимают изучение строения металлов и сплавов с помощью металлографического микроскопа при увеличении в 50-2000 раз.

Задачи микроанализа:

- 1) оценка формы и размеров кристаллических зерен металлов и сплавов;
- 2) определение формы и размеров неметаллических включений – сульфидов, оксидов и др.;
- 3) определение микропороков – микротрещин, раковин, пор и др.;
- 4) анализ изменения микроструктуры сплавов после термической, химико-термической обработки и обработки металлов давлением;
- 5) определение химического состава некоторых структурных составляющих по их характерной форме и окраске после применения избирательных травителей.

Для микроанализа из испытуемого материала вырезают образец и путем ряда операций (шлифования, полирования, травления) доводят до такого состояния, когда при рассмотрении его в металлографический микроскоп выявляют неметаллические включения, мелкие поры, графит в чугуне (после шлифования и полирования) или микроструктуры (после шлифования, полирования и травления).

Микроструктуру металлов и сплавов наблюдают в оптическом микроскопе МИМ-7, МИМ-8 и др.

Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. Сравнительный анализ хрупкого (кристаллического) и вязкого изломов.

3. Рисунок и описать строение усталостного излома.
4. Эскизы стального образца после шлифовки, полировки и травления.
5. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. Каковы задачи макроскопического анализа?
2. Виды изломов и их особенности связь со свойствами металла.
3. Особенности усталостного излома.
4. Каковы задачи микроскопического анализа?
5. Какова последовательность подготовки металлических образцов для микроструктурного анализа?

Литература

1. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение. – 3-е изд., перераб. и доп.– СПб.: ХИМИЗДАТ, 2004. – с. 47-57, 69-72
2. Макроструктурный и микроструктурный анализ/ Владим. гос. ун-т; Сост.: Л.В.Картонова. Владимир. – 23 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Рентгенофазовый анализ

Цель работы: ознакомление с методикой определения фазового состава материалов с помощью рентгенофазового анализа.

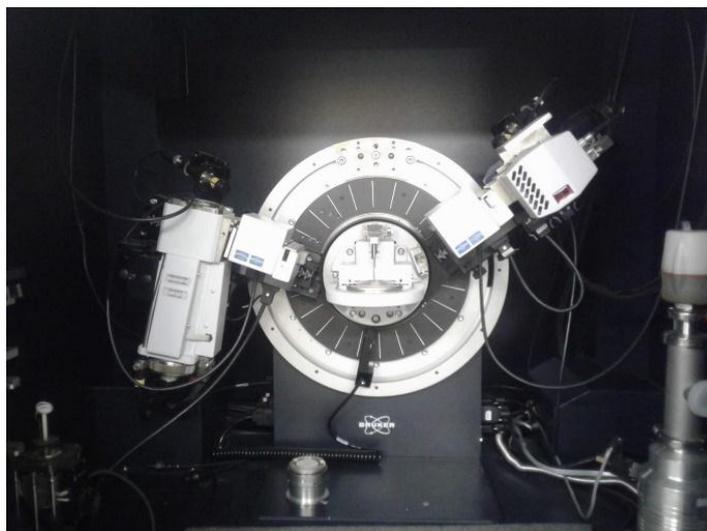
План занятия:

1. Ознакомление с принципом работы и устройством рентгеновского дифрактометра.
2. Ознакомление с методикой подготовки поликристаллическое вещества для рентгенофазового анализа.
3. Основы рентгенофазового анализа.

Общие положения

Одним из современных методов определения фазового состава кристаллических тел является метод рентгенофазового анализа (РФА). Объектами исследования РФА являются поликристаллические образцы. Рентгенофазовый анализ основан на явлении дифракции рентгеновских лучей на кристаллической решетке.

На рис. 4.1 изображен гониометр и принципиальная схема дифрактометра D8 ADADVANCE.



а)



б)

Рис. 4.1. Гониометр (а) и принципиальная схема (б) дифрактометра D8 ADADVANCE

Типичная дифрактограмма поликристаллического вещества представляет собой серию пиков на плавной линии фона (рис.4.2). Индивидуальность и распределение атомов определяет интенсивность дифрагированных лучей.

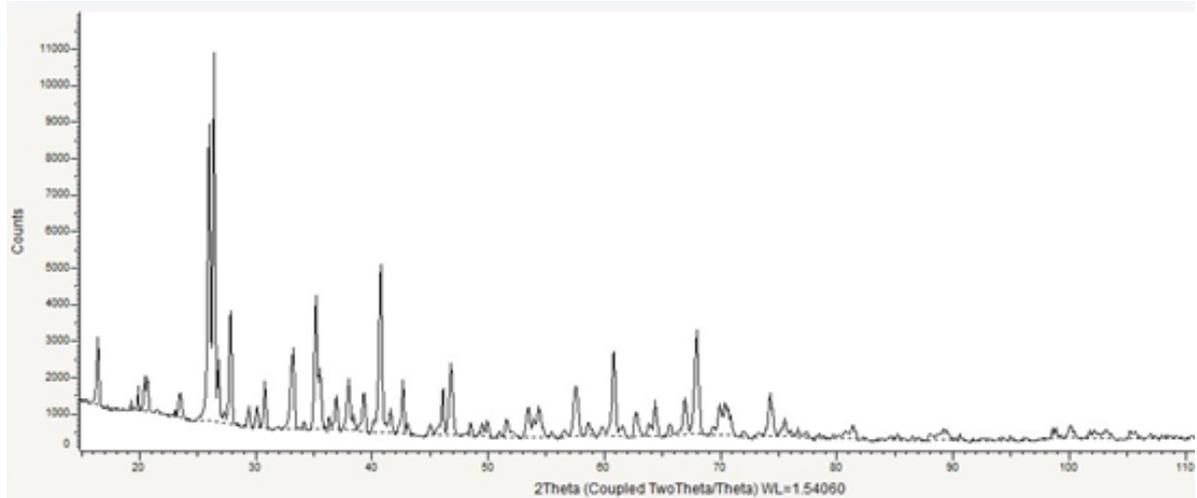


Рис.4.2. Дифрактограмма поликристаллического вещества.

При расшифровке рентгенограмм определение фазового состава изучаемого вещества производят путем сравнения экспериментального набора значений с базой данных, которая содержит рентгенограммы чистых фаз; она постоянно редактируется, дополняется и обновляется; ежегодно пополняется экспериментальными и расчетными рентгенограммами; компьютерный поиск начиная с 1985 года; выпуск 2010 года содержит более 300 000 рентгенограмм.

Данная работа проводится в форме семинарского занятия, в начале занятия студентам показывают оборудование, применяемое для рентгенофазового анализа.

Оформление отчета по данной работе не предусмотрено.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Получение углеродного наноматериала методом газофазного химического осаждения

Цель работы: ознакомление с процессом получения наноматериала методом газофазного химического осаждения.

План занятия:

1. Ознакомление с технологической схемой аппарата опытно-промышленного производства УНМ «Таунит».
2. Изучение технологической схемы аппарата опытно-промышленного производства УНМ «Таунит».
3. Технологический процесс получения УНМ.

Общие положения

На рис.5.1. представлена классификация наноматериалов.

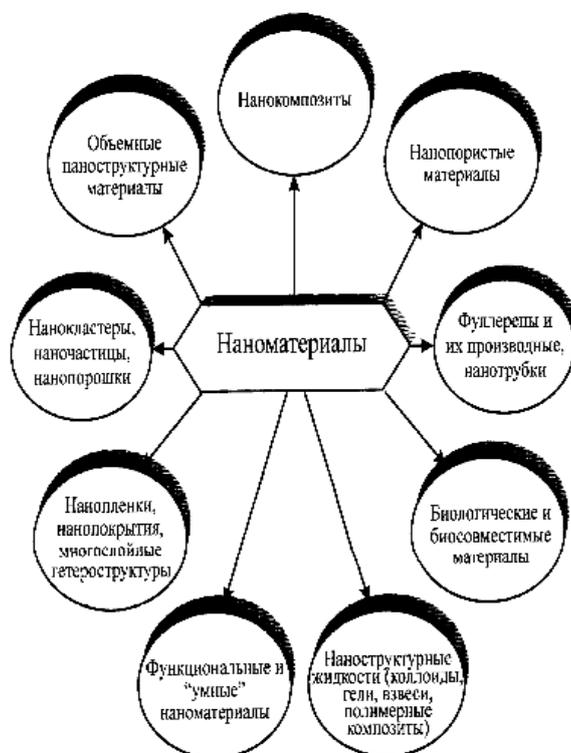


Рис. 8.1. Классификация наноматериалов.

Для создания промышленной схемы синтеза УНМ был выбран метод ГФХО, что обосновано следующими аргументами:

1) наличие положительного опыта в создании аппаратов подобного типа, главным образом за рубежом;

2) дешёвое и доступное углеводородное сырьё – бутан-пропановая смесь, а также возможно – метан, ацетилен и т.д.;

3) сравнительно низкая себестоимость компонентов катализатора (3d-металлы и их бинарные смеси и сплавы с другими элементами, глицин, окислы Mg и др.);

4) селективность морфологии получаемых наноматериалов в зависимости от исходных параметров технологического процесса, осуществляемого на одном и том же оборудовании, что расширяет область реального использования получаемых продуктов;

5) возможность получения, наряду с производством УНМ, чистого водорода, свободного от CO и CO₂, необходимого для водородной энергетики и химического синтеза;

6) удобство управления и возможность организовать непрерывные процессы синтеза;

7) низкие энергозатраты по сравнению с альтернативными методами получения углеродных наноструктур.

Реализация ГФХО-процесса позволяет обеспечить достаточно стабильное воспроизведение рациональных технологических параметров синтеза УНМ и, как следствие, получение материала с постоянными морфологическими и физико-механическими характеристиками.

Технологическая схема производства УНМ представлена на рис. 5.2.

Технологическая схема предусматривает использование различных аппаратов, ёмкостей, коммуникаций, элементов контроля и управления технологическим процессом, функционально разграниченных на 4 участка:

- приготовление катализатора;
- подготовка газовых компонентов;
- синтез УНМ;
- сушка, диспергирование и классификация.

Технологический процесс получения углеродного наноструктурного материала, реализуемого под торговой маркой «Таунит», выполняется в следующей последовательности.

Водные растворы солей $(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}, \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O},$ глицин) соответствующих концентраций, размещённые в ёмкостях 1, смешиваются в аппарате 2 с лопастной мешалкой и далее подаются на обработку в электромагнитном аппарате вихревого слоя (АВС) 7, где в отсутствие ферромагнитных частиц проходят активирование. Далее компоненты катализатора в жидкой фазе подвергаются термической обработке в печи 6, где происходит их последовательное обезвоживание и сжигание при температуре $500 \dots 550^\circ\text{C}$. Диспергирование катализаторной массы производят в АВС в присутствии ферромагнитных (Ni) частиц, после чего подвергают ситовой классификации. Полидисперсный порошок катализатора с размером фракции больше $0,063$ мм подают в бункер дозатора 10, а мелкую фракцию гранулируют в роторном высокоскоростном аппарате 9 до получения гранул, превышающих минимально допустимое значение, далее транспортируют в бункер дозатора 10.

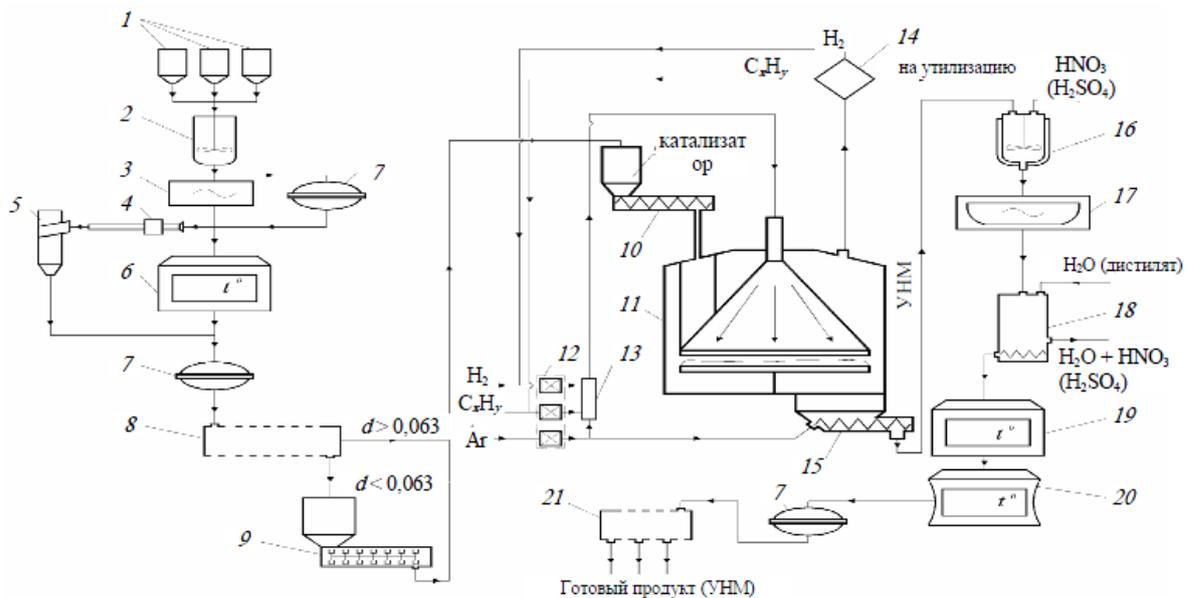


Рис.5.2. Технологическая схема получения УНМ в аппарате с неподвижным слоем катализатора:

- 1 – исходные компоненты катализатора; 2 – смеситель; 3 – ультразвуковой механоактиватор; 4 – аппарат пульсирующего горения (АПГ); 5 – циклон; 6 – печь; 7 – измельчитель (аппарат с вихревым слоем ферромагнитных частиц АВС); 8 – классификатор; 9 – гранулятор; 10 – дозатор катализатора; 11 – реактор синтеза УНМ; 12 – блок фильтров; 13 – смеситель газов; 14 – разделитель газовой смеси; 15 – устройство выгрузки УНМ; 16 – аппарат кислотной отмывки УНМ; 17 – аппарат ультразвуковой отмывки УНМ; 18 – нейтрализатор кислоты; 19 – сушилка; 20 – вакуумная печь; 21 – классификатор готового продукта

Данная работа проводится в форме семинарского занятия, в начале занятия студентам показывают оборудование, применяемое для рентгенофазового анализа.

Оформление отчета по данной работе не предусмотрено.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Обработка металлов 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 кованными поковками, или просто поковками.

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

Осадка – операция уменьшения высоты заготовки при увеличении площади ее поперечного сечения (рис. 6.1, а). Осадкой не рекомендуется деформировать заготовки, у которых отношение высоты $h_{\text{заг}}$ к диаметру $d_{\text{заг}}$ больше 2,5, так как в этом случае может произойти продольное искривление заготовки. Осаживают заготовки между бойками или подкладными плитами.

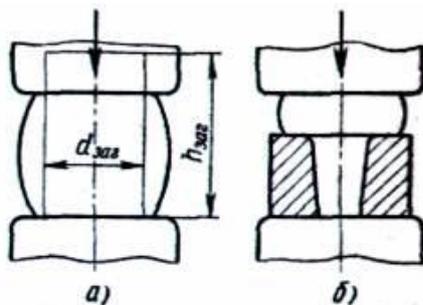


Рис. 6.1. Схемы осадки (а) и высадки (б)

Разновидностью осадки является высадка (рис. 6.1, б), при которой металл осаживают лишь на части длины заготовки.

Протяжка – операция удлинения заготовки или её части за счет уменьшения площади поперечного сечения (рис. 6.2, 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° 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° 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. 6.2, 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.

Протяжка имеет ряд разновидностей.

Разгонка – операция увеличения ширины части заготовки за счет уменьшения ее толщины (рис. 6.2, г).

Протяжка с оправкой – операция увеличения длины пустотелой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок (рис. 6.2, 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.

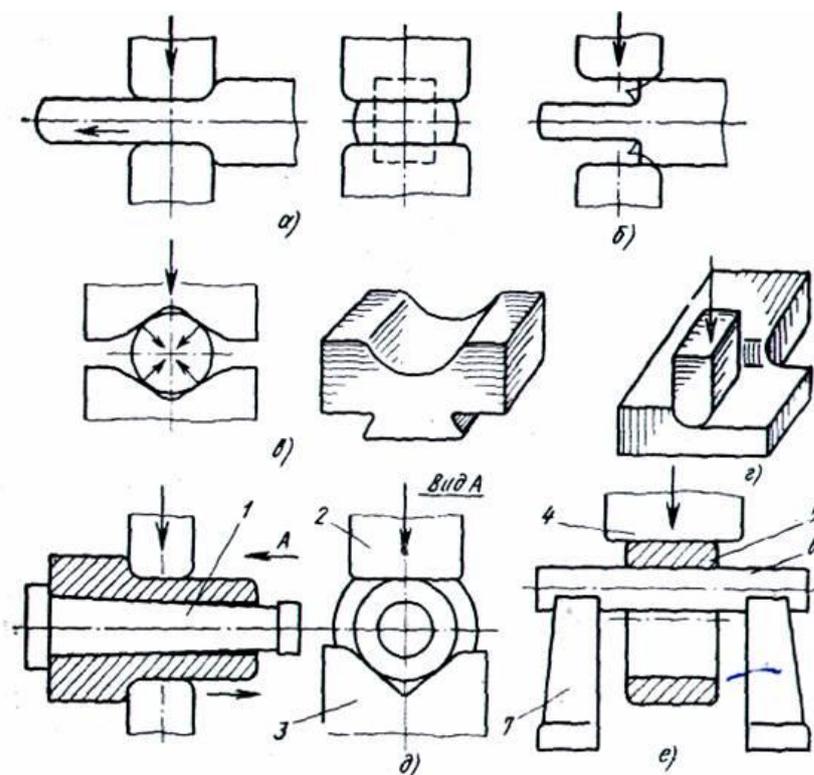


Рис. 9.2. Схемы протяжки и ее разновидности

Раскатка на оправке – операция одновременного увеличения наружного и внутреннего диаметров кольцевой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок (рис. 6.2, 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 предвари-

тельно осаженой и прошивой 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.

Таблица 9.1.

Последовательность операций изготовления поковки

Наименование операцийковки	Эскизыковки по операциям

Контрольные вопросы

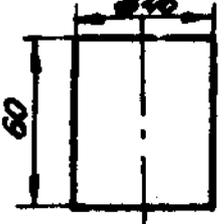
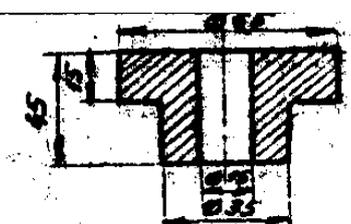
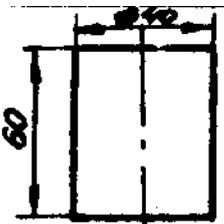
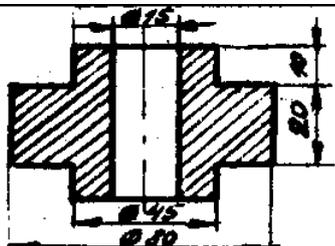
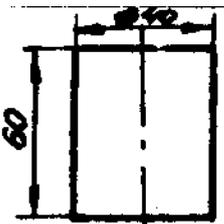
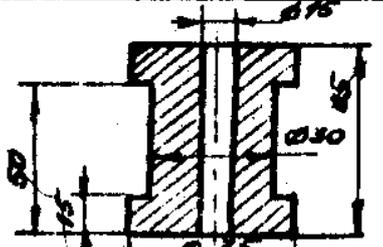
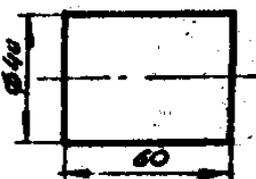
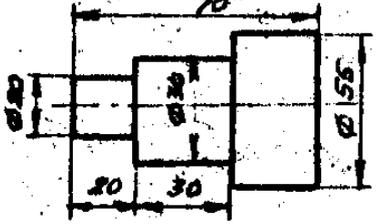
1. Каково назначение и сущность процессаковки.
2. В чем заключаются операции осадки, протяжки, прошивки, отрубки, гибки? какой при этом применяется инструмент?
3. Какое оборудование применяется приковке?
4. Как влияет деформация на структуру и свойства металлов и сплавов?
5. Какие условия протекания,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

Литература

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов / В.Б. Арзамасов, А.Н. Волчков, В.А. Головин и др.; Под ред. В.Б. Арзамасова, А.А. Черепахина. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – с. 217-244
2. Технология конструкционных материалов/ А.М.Дальский, Т.М. Барсукова, А.Ф. Вязов и др.; Под общ. ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2005. – с. 78-86

Приложение 1

Варианты заданий* для практической работы № 6 «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

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 втузов / 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. Черепихина. – 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-X.

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 «Академия», 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
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1.	
Изучение кристаллического строения металлов	4
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2.	
Изучение процесса кристаллизации веществ	8
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3.	
Методы исследования структуры металлических материалов	11
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4.	
Рентгенофазовый анализ	14
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5.	
Получение углеродного наноматериала методом газофазного химического осаждения	17
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6.	
Обработка металлов давлением	20
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	26

ПЕРЕРАБОТАННЫЕ И ДОПОЛНЕННЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
"ИСТОРИЯ НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ И ТЕХНОЛОГИЯХ"

Составитель
КАРТОНОВА Любовь Владимировна
КЕЧИН Владимир Андреевич

Методические указания рассмотрены и одобрены
на заседании кафедры ТФ и КМ (протокол № 1 от 30.08.2022 г.)

Методические указания рекомендованы УМК по направлению 22.03.01
для использования в учебном процессе (протокол № 1 от 30.08.2022 г.)