

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра высшей математики и физики

Фонд оценочных средств дисциплины

**Б1.В.1.01 Материаловедение**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования по направлению подготовки  
(сетевая форма реализации)

**03.04.01 Прикладные математика и физика**

Направленность (профиль):  
**«Физические исследования инновационных материалов»**

Уровень:  
**Магистратура**

Форма обучения  
**Очная**

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры  
**08.09.2022 г., протокол № 2**  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ **Зайцева И.В.**

Автор-разработчик:  
д.т.н., Дьяченко Н.В.,  
д.т.н., Потапова И.А.

**1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине**  
**«Материаловедение»**

**Таблица 1. Перечень оценочных средств текущего контроля**

<b>№ п/п</b>	<b>Тема дисциплины</b>	<b>Формируемые компетенции</b>	<b>Наименование средств текущего контроля</b>
1	Введение.	ПК-1	Устный опрос
2	Актуальные проблемы цветной металлургии и основные направления их решения	ПК-1	Устная защита выполнения практической работы №1
3	Пути повышения прочности	ПК-1	Расчетно-графическая работа № 1
4	Актуальные проблемы материаловедения и основные направления их решения.	ПК-1	Устный опрос
5	Материалы со специальными свойствами	ПК-1	Устная защита выполнения практической работы №2
	Текущий контроль успеваемости (ТКУ)	ПК-1	Тест в Moodle
6	Перспективные конструкционные материалы	ПК-1	Устная защита выполнения практической работы №3
7	Высокоазотистые стали	ПК-1	Расчетно-графическая работа № 2
8	Перспективы развития материалов со специальными свойствами	ПК-1	Устная защита выполнения практической работы №4
9	Перспективные аморфные материалы	ПК-1	Устная защита выполнения практической работы №5
10	Объемные наноматериалы	ПК-1	Устная защита выполнения практической работы №6
11	Модифицированные поверхностные слои и покрытия	ПК-1	Тестирование. Устная защита выполнения практической работы №7
			Экзамен

## 2. Перечень компетенций, с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

**Таблица 2. Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины**

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
<p><u>ПК-1</u> Способен применять фундаментальные и прикладные знания в области физико-математических и (или) естественных наук для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической деятельности</p> <p>ПК-1.1. Применяет специальные знания для анализа и исследования структуры и свойств инновационных материалов.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- практическое применение углубленных фундаментальных знаний, полученных в области естественных и гуманитарных наук;</li> <li>– методы осуществления научного поиска и разработки новых перспективных подходов и решений профессиональных задач;</li> <li>– практическое применение в области физики для освоения профильных физических дисциплин;</li> <li>– основные принципы построения моделей и их компьютерных реализаций;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– организовать информационный поиск, самостоятельный отбор и качественную обработку научной информации и эмпирических данных;</li> <li>– применять практические углубленные фундаментальные знания, полученные в области естественных наук;</li> <li>– применять специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;</li> <li>– описывать процессы, происходящие в твердом теле, с помощью уравнений;</li> <li>– выбирать оптимальные методики для моделирования различных физических процессов</li> </ul>	<p>Устный опрос, тестовые задания. Выполнение практической работы №1, №2.</p> <p>Устный опрос, тестовые задания. Выполнение практической работы №3,4.</p>

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками классификации, систематизации, дифференциации фактов, явлений, объектов, систем, методов, решения, задачи и т.д.;</li> <li>– навыками описывать результаты, формулировать выводы;</li> <li>– методами обобщения, интерпретации полученных результатов по заданным или определенным критериям.</li> </ul> <p>- навыками научного мировоззрения;</p> <p>- умение использования прикладных программных средств для моделирования процессов в твердых телах</p>	Расчетно-графическая работа № 1
<p><u>ПК-1</u> Способен применять фундаментальные и прикладные знания в области физико-математических и (или) естественных наук для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической деятельности ПК-1.2. Разрабатывает и планирует исследования инновационных материалов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основы физики строения твердого тела, основные закономерности протекания физических процессов в твердых телах;</li> <li>– основные этапы решения естественнонаучных задач с помощью компьютера</li> </ul>	Устный опрос, тестовые задания. Выполнение практической работы №5, №6.
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– контролировать достоверность результатов моделирования и анализировать причину ошибок;</li> <li>- ставить актуальные исследовательские задачи и выполнять соответствующий контроль</li> </ul>	Расчетно-графическая работа № 2
	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- умение обработки и анализа характеристик процессов в твердых телах;</li> <li>- умение выбора оптимальных методики для описания процессов в твердых телах</li> </ul>	Тестирование, выполнение практической работы №7.

### 3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 3. Распределение баллов по видам учебной работы 1 семестр

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Текущий контроль:	0-100
В том числе промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-100

Таблица 3.1. Распределение баллов по текущему контролю

№	Вид работ	Min	Max
1. Обязательная часть			
1.1 Текущий контроль успеваемости по проверке форсированности остаточных знаний			
	Текущий контроль успеваемости (ТКУ)	0	10
1.2 Выполнение практических работ:			
1.2.1	Практическая работа №1. Химический анализ алюминия и его сплавов	1	2
1.2.2	Практическая работа №2. Плавка алюминия и алюминиевых сплавов	1	2
1.2.3	Расчетно-графическая работа № 1 Определение содержания углерода в чугунах и сталях.	1	2
1.2.4	Практическая работа №3. Комплексная переработка нефелинового концентрата на глинозём и попутную продукцию	3	4
1.2.5	Практическая работа №4. Использование металлургических процессов в металлургии лёгких и редких металлов	3	4
1.2.6	Практическая работа №5. Новые стали в автомобилестроении	3	4
1.2.7	Практическая работа №6. Перспективные материалы для авиакосмической техники	3	4
1.2.8	Расчетно-графическая работа № 2 Комбинированно легированные атомами внедрения материалы.	3	4
1.2.9	Практическая работа №7. Объемные наноматериалы	2	4
Итого баллов по обязательной части		20	40
2. Вариативная часть			
2.1	Реферат по дисциплине «Материаловедение»	1	5
2.2	Участие в НИРС	10	25
2.3	Участник клуба МиФ	1	10
2.4	Участие в олимпиаде (физика, математика)	5	10
2.4.1	участие	5	5
2.4.2	призер	10	10
2.5	Публикация в индексируемом журнале (совместно с преподавателем)	10	10
2.6	Акселерационная программа/ проект Росмолодежи	20	40

2.6.1	участие	20	20
2.6.2	грант	40	40
	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	30
Итого баллов по вариативной части		40	60
Итого баллов по дисциплине			100

**Таблица 3.2. Конвертация баллов в итоговую оценку**

Оценка	Баллы
Отлично	85-100
Хорошо	64-84
Удовлетворительно	40-63
Неудовлетворительно	0-39

#### 4. Содержание оценочных средств текущего контроля. Критерии оценивания

Перечень учебно-методического и информационного обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в рабочих программах и методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень вопросов для устного опроса, расчетно-графических работ, тестирование и критерии оценивания по темам дисциплины:

##### **Практическая работа №1. Химический анализ алюминия и его сплавов**

Цель работы: освоить методологию качественного химического анализа металлических сплавов на примере алюминиевой системы. Сформировать практические навыки пробоподготовки, включающей растворение металлической пробы, и последующего идентификационного тестирования основных легирующих элементов (меди, магния, кремния) с использованием характерных химических реакций.

###### *1. Физико-химические основы анализа*

Проведение качественного химического анализа многокомпонентных систем, к которым относятся промышленные сплавы, требует последовательного решения двух основных задач: перевода компонентов пробы в растворимое состояние и последующей селективной идентификации элементов в полученном растворе.

Для алюминиевых сплавов характерно образование сложной гетерогенной структуры, где легирующие элементы могут находиться как в твердом растворе на основе алюминия, так и в виде интерметаллидных фаз. Матричный алюминий сравнительно легко растворяется в соляной кислоте с выделением водорода. Однако некоторые интерметаллиды (например, фазы, содержащие кремний или медь) устойчивы к действию  $\text{HCl}$ . Для их перевода в раствор требуется окислитель, в качестве которого применяется азотная кислота. Образующийся нерастворимый осадок, как правило, представляет собой диоксид кремния, который идентифицируют отдельно.

Идентификация элементов основана на классических реакциях ионного обмена и комплексообразования, сопровождающихся визуальными эффектами: образованием окрашенных координационных соединений (например, аммиаката меди), выпадением характерных осадков (фосфата аммония-магния) или изменением окраски специфических органических реагентов (ализарина).

###### *2. Экспериментальная методика и оборудование*

Аналитический процесс реализуется по стандартной схеме, включающей три основных этапа:

1) Подготовка анализируемого раствора (пробоподготовка). Для перевода сплава в раствор используется его обработка минеральными кислотами. Как правило, применяется соляная кислота ( $\text{HCl}$ ), эффективно растворяющая алюминиевую матрицу и большинство интерметаллидных фаз. Для окисления и перевода в растворимую форму элементов, устойчивых в соляной кислоте (например, кремния), может потребоваться добавление азотной кислоты ( $\text{HNO}_3$ ), выступающей в роли сильного окислителя. Процесс проводится в химических стаканах с легким подогревом на водяной бане для интенсификации реакции. Образующиеся нерастворимые остатки (например, диоксид кремния  $\text{SiO}_2$ ) отделяются от анализируемого раствора методом фильтрации через бумажный фильтр.

2) Качественный анализ фильтрата. Полученный прозрачный раствор (фильтрат) содержит катионы легирующих элементов ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ) и матрицы ( $\text{Al}^{3+}$ ). Их идентификация проводится в пробирках путем добавления специфических реагентов, приводящих к визуально наблюдаемым эффектам:

- Образование окрашенных координационных соединений (например, аммиакат меди  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  синего цвета).
- Образование труднорастворимых осадков (например, белый кристаллический фосфат аммония-магния  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ ).

3) Анализ нерастворимого остатка. Нерастворимый осадок, оставшийся на фильтре, подвергается отдельному исследованию. Для идентификации кремния его обрабатывают щелочью ( $\text{NaOH}$ ) с целью перевода в растворимую форму — силикат-ион, с последующим осаждением в виде геля кремневой кислоты при подкислении.

Основное оборудование: химические стаканы (50-100 мл), мерный цилиндр, стеклянные палочки, пробирки, штатив для пробирок, воронки, фильтровальная бумага, фарфоровая чашка, водяная баня.

Реактивы: соляная кислота ( $\text{HCl}$ , плотность  $1.19 \text{ г/см}^3$  и разбавленная 1:1), азотная кислота ( $\text{HNO}_3$ , плотность  $1.4 \text{ г/см}^3$ ), раствор аммиака ( $\text{NH}_4\text{OH}$ , 25%), раствор гидроксида натрия ( $\text{NaOH}$ , 10%), спиртовой раствор ализарина, магнезиальная смесь.

### 3. Характеристика анализируемых материалов

Объектом анализа служат алюминиевые сплавы — сложные многокомпонентные системы, где алюминий выполняет роль растворителя (матрицы), а такие элементы, как медь ( $\text{Cu}$ ), магний ( $\text{Mg}$ ), кремний ( $\text{Si}$ ), марганец ( $\text{Mn}$ ) и цинк ( $\text{Zn}$ ), являются легирующими компонентами, целенаправленно введенными для придания сплаву определенных эксплуатационных характеристик.

- Медь ( $\text{Cu}$ ) — основной упрочнитель в системе  $\text{Al-Cu-Mg}$  (дюралюмины). Значительно повышает прочность и твердость, но может снижать коррозионную стойкость.

- Магний ( $\text{Mg}$ ) — повышает прочность и коррозионную стойкость. В сочетании с кремнием образует упрочняющую фазу  $\text{Mg}_2\text{Si}$  (сплавы типа авиаль).

- Кремний ( $\text{Si}$ ) — drastically улучшает литейные свойства (силумины). Снижает температуру плавления и повышает жидкотекучесть расплава.

- Цинк ( $\text{Zn}$ ) — в сочетании с магнием (система  $\text{Al-Zn-Mg}$ ) обеспечивает наибольший эффект дисперсионного твердения, создавая сплавы высочайшей прочности.

Идентификация этих элементов позволяет установить принадлежность сплава к определенной системе и предположить его основные механические и технологические свойства.

### 4. Ход работы

Поместите навеску стружки исследуемого алюминиевого сплава массой приблизительно 0.1 г в химический стакан. Осторожно, под вытяжкой, прилейте 10 мл разбавленной соляной кислоты (1:1). Для интенсификации процесса растворения слегка подогрейте смесь на водяной бане.

Если после прекращения активного выделения газа наблюдается нерастворимый осадок, это может указывать на присутствие кремния. В этом случае добавьте 2–3 мл концентрированной азотной кислоты и продолжите нагревание до практически полного растворения пробы.

Полученную смесь охладите и профильтруйте. Прозрачный фильтрат (обозначим его как Раствор А) содержит катионы легирующих элементов. Нерастворимый осадок на фильтре сохраните для последующего анализа на кремний.

- Обнаружение алюминия. Нанесите каплю Раствора А на фильтровальную бумагу. Обработайте пятно парами концентрированного аммиака для создания щелочной среды. Затем



нанесите на это же пятно каплю спиртового раствора ализарина. Появление яркого малинового окрашивания подтверждает присутствие ионов алюминия.

- Обнаружение меди. В пробирку с 2–3 мл Раствора А медленно, при перемешивании, добавляйте концентрированный раствор аммиака до его явного избытка. Образование стойкого интенсивно-синего окрашивания раствора свидетельствует о наличии ионов меди, образующих комплексный аммиакат  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ .

- Обнаружение магния. Другую порцию Раствора А (2–3 мл) подщелочите несколькими каплями раствора гидроксида натрия до слабощелочной реакции. Затем добавьте примерно 1 мл магниальной смеси. Выпадение белого мелкокристаллического осадка фосфата аммония-магния ( $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ ) является характерным признаком присутствия ионов магния.

Перенесите нерастворимый осадок с фильтра в фарфоровую чашку. Обработайте его 5–7 мл концентрированного раствора гидроксида натрия и осторожно прокипятите в течение 1–2 минут. При этом кремний переходит в раствор в виде силиката натрия. Полученный раствор охладите, отфильтруйте от нерастворимых примесей и подкислите фильтрат соляной кислотой. Образование белого гелеобразного осадка кремневой кислоты ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ) доказывает присутствие кремния в исходном сплаве.

### 5. Оформление отчета

Отчет о выполненной практической работе должен быть представлен в виде краткого, но исчерпывающего протокола. В нем необходимо отразить все этапы проведенного эксперимента.

Структура отчета:

- 1) Титульный лист: указание названия работы, фамилии исполнителя, группы и даты проведения.
- 2) Цель работы.
- 3) Краткое описание методики: в свободной форме опишите общую последовательность действий: пробоподготовка, растворение сплава, разделение на фракции (фильтрат и осадок) и проведение качественных реакций.
- 4) Результаты и обсуждение: оформите эту часть в виде таблицы.

Определяемый элемент	Проведенная реакция и реагенты	Наблюдаемый эффект	Химическое уравнение реакции	Вывод о наличии
Алюминий (Al)	Взаимодействие ионов из Раствора А с ализарином в аммиачной среде			
Медь (Cu)	Раствор А + избыток $\text{NH}_3$			
Магний (Mg)	Раствор А + NaOH + магниальная смесь			
Кремний (Si)	Обработка осадка NaOH с			

Определяемый элемент	Проведенная реакция и реагенты	Наблюдаемый эффект	Химическое уравнение реакции	Вывод о наличии
	последующим подкислением			

5) **Заключительный вывод:** на основе совокупности экспериментальных данных сделайте общий вывод о качественном составе исследованного алюминиевого сплава, перечислив обнаруженные элементы, и предположите, к какой группе сплавов (например, силумины, дюралюмины) он может относиться.

## **Практическая работа №2. Плавка алюминия и алюминиевых сплавов**

Цель работы: изучить технологические особенности плавки алюминия и его сплавов. Освоить основные приемы модифицирования и рафинирования расплава для получения качественных отливок.

### *1. Физико-химические основы процесса*

Плавка алюминия и его сплавов представляет собой сложный технологический процесс, сопровождающийся значительной газопоглощаемостью и окисляемостью расплава. Алюминий в расплавленном состоянии активно взаимодействует с водородом, образующимся при разложении водяных паров, что приводит к образованию газовой пористости в отливках. На поверхности расплава мгновенно образуется плотная пленка оксида алюминия  $Al_2O_3$ , которая при нарушении может попадать в расплав в виде неметаллических включений.

Особенности легирования алюминиевых сплавов определяются физико-химическими свойствами легирующих элементов. Медь и кремний улучшают литейные свойства, но повышают склонность к образованию усадочных раковин. Магний увеличивает окисляемость расплава, а цинк может вызывать ликвацию. Температурный режим плавки должен исключать перегрев выше  $800^\circ C$ , так как это резко увеличивает газопоглощение и окисление.

### *2. Экспериментальная методика и оборудование*

Для проведения плавки используется муфельная или тигельная электрическая печь с максимальной температурой  $900^\circ C$ . Основное оборудование включает графитовые или стальные футерованные тигли, термопару типа К для контроля температуры, литейные ковши и ложки, а также набор литейных форм.

В работе применяются следующие материалы: первичный алюминий марки А5-А7, алюминиевые лигатуры (Al-Cu, Al-Si, Al-Mg), модификаторы (натриевая соль) и рафинирующие флюсы на основе хлоридов калия и натрия. Технологический процесс включает последовательные операции загрузки шихты, плавки, легирования, модифицирования, рафинирования и разливки.

### *3. Характеристика исходных материалов и получаемых продуктов*

Исходными материалами служат первичный алюминий с содержанием основного металла 99,5–99,7% и вторичные алюминиевые сплавы, которые могут содержать примеси железа, кремния и меди. Легирующие добавки вводятся в виде лигатур для обеспечения полного и равномерного растворения в основном расплаве.

В результате плавки получают модифицированные сплавы с измельченной структурой, рафинированные сплавы с пониженным содержанием газов и неметаллических включений, а также отливки с заданными механическими свойствами и минимальным количеством дефектов.

#### 4. *Ход работы*

##### 4.1 *Подготовка к плавке*

Перед началом плавки подбирают шихтовые материалы в соответствии с заданным химическим составом сплава. Тигель и литейный инструмент очищают от остатков предыдущих плавов и тщательно прогревают. Электрическую печь предварительно разогревают до рабочей температуры 700-750°C.

##### 4.2 *Проведение плавки*

Основной металл загружают в тигель и расплавляют при температуре 700-750°C. После полного расплавления алюминия в расплав вводят легирующие добавки в виде лигатур. На следующем этапе проводят модифицирование расплава для измельчения структуры будущего сплава. Завершающей операцией является рафинирование расплава с целью удаления растворенных газов и неметаллических включений. Готовый расплав выдерживают при температуре 720-740°C в течение 10–15 минут перед разливкой.

##### 4.3 *Контроль качества*

Для оценки качества расплава отбирают пробу и визуально оценивают ее структуру. После этого производят разливку расплава в предварительно подготовленные литейные формы. Полученные отливки подвергают визуальному осмотру и анализу на наличие дефектов.

#### 5. *Оформление отчета*

Отчет по практической работе должен содержать титульный лист с указанием названия работы и данных исполнителя, цель работы, подробное описание технологии плавки, результаты контроля качества отливок и выводы.

Результаты эксперимента оформляются в виде таблицы:

Этап работы	Параметры процесса	Наблюдения	Результаты
Подготовка шихты			
Плавка			
Легирование			
Рафинирование			

В заключении дается оценка качества полученного сплава, анализируется эффективность

применения модификаторов и рафинирующих флюсов, а также оценивается влияние технологических параметров на свойства готовых отливок.

Практическая работа №3. Комплексная переработка нефелинового концентрата на глинозём и попутную продукцию

Цель работы: освоить принципы и экспериментальные методы комплексной переработки нефелинового концентрата путем спекания с известняком, получить алюминатный раствор и выделить из него гидроксид алюминия с последующим его прокаливанием до глинозёма.

#### *Физико-химические основы процесса*

Нефелиновый концентрат, представляющий собой в основном алюмосиликат натрия и калия ( $\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4$ ), является труднорастворимым в воде и кислотах. Для перевода ценных компонентов (Al и Si) в растворимую форму применяется высокотемпературное спекание с карбонатом кальция (известняком). В ходе этого процесса протекают основные реакции:

1. Разложение известняка:  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$
2. Основная реакция спекания:  $\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4 + 4\text{CaO} \rightarrow \text{NaAlO}_2 + \text{KAlO}_2 + 2\text{Ca}_2\text{SiO}_4$

Образовавшиеся алюминаты натрия и калия ( $\text{NaAlO}_2$ ,  $\text{KAlO}_2$ ) хорошо растворимы в воде, в то время как двухкальциевый силикат ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) образует нерастворимый шлам. При выщелачивании спека водой алюминаты переходят в раствор с образованием гидратированных ионов. Последующее пропускание через полученный алюминатный раствор диоксида углерода (карбонизация) приводит к его гидролизу и осаждению гидроксид алюминия ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ):

Осаждение гидроксида алюминия:  $\text{NaAlO}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NaHCO}_3$

Финальной стадией является прокаливание осадка гидроксида алюминия с целью его дегидратации и получения чистого оксида алюминия (глинозёма) – сырья для производства алюминия.

#### *Экспериментальная методика и оборудование*

Методика основана на пирометаллургическом (спекание) и гидрометаллургическом (выщелачивание, осаждение) стадиях. Для проведения эксперимента используется следующее оборудование и реактивы: лабораторная муфельная печь с регулировкой температуры, аналитические весы, магнитная мешалка с подогревом, установка для фильтрования (воронка Бюхнера, колба Бунзена, водоструйный насос), сушильный шкаф, аппарат для карбонизации (или источник  $\text{CO}_2$  из баллона с диффузором), фарфоровые тигли и стаканы.

Основные реактивы: нефелиновый концентрат (измельченный), известняк ( $\text{CaCO}_3$ , химически чистый или осажденный), дистиллированная вода, индикатор фенолфталеин, углекислый газ (баллонный или из генератора).

#### *Характеристика анализируемых материалов / получаемых продуктов*

1. Нефелиновый концентрат: Порошок серого цвета. Основные компоненты:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (~29%),  $\text{SiO}_2$  (~42%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (~14%),  $\text{K}_2\text{O}$  (~5%).
2. Известняк ( $\text{CaCO}_3$ ): Белый порошок, нерастворимый в воде.
3. Спек: Твердый пористый материал серо-зеленого цвета после спекания.
4. Алюминатный раствор: Прозрачная или слабоомутненная щелочная жидкость.
5. Гидроксид алюминия ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ): Белый объемистый студенистый осадок.
6. Глинозём ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ): Белый тугоплавкий порошок.

#### *Ход работы*

Подготовка к эксперименту и спекание.

Перед началом работы необходимо взвесить на аналитических весах 10 г нефелинового концентрата и 15 г измельченного известняка. Компоненты следует тщательно перемешать в фарфоровой ступке до получения однородной сырьевой смеси. Полученную смесь помещают в фарфоровый тигель, который затем устанавливают в муфельную печь, предварительно разогретую до температуры 1250 °С. Процесс спекания длится 60–90 минут, в течение которых происходит образование алюминатов и силикатов кальция.

Выщелачивание спека и получение алюминатного раствора.

После завершения спекания тигель осторожно извлекают из печи и дают ему остыть до комнатной температуры. Образовавшийся спек имеет вид спекшегося, но хрупкого агломерата. Его переносят в химический стакан и измельчают пестиком. К измельченному спеку добавляют 100 мл дистиллированной воды и проводят перемешивание на магнитной мешалке при температуре 80–90 °С в течение 20–30 минут. Полученную пульпу подвергают вакуум-фильтрованию на воронке Бюхнера. Нерастворимый осадок (белый шлам, состоящий в основном из двухкальциевого силиката) отбрасывают, а прозрачный фильтрат – алюминатный раствор – собирают для дальнейших операций. Качественно щелочную природу раствора проверяют по появлению малинового окрашивания с фенолфталеином.

Осаждение гидроксида алюминия (карбонизация).

Алюминатный раствор переносят в стакан и начинают медленное барботирование через него углекислого газа. Для контроля процесса используется индикатор фенолфталеин. Пропускание CO<sub>2</sub> продолжают до момента полного исчезновения малиновой окраски, что свидетельствует о нейтрализации щелочи и начале гидролиза алюминатов с образованием осадка гидроксита. После появления обильного белого осадка пропускание газа продолжают еще 5–10 минут для полноты осаждения. Полученную суспензию выдерживают для старения осадка в течение 20–30 минут, после чего отделяют осадок Al(OH)<sub>3</sub> вакуум-фильтрованием и промывают небольшим количеством горячей дистиллированной воды для удаления солей натрия и калия.

Прокаливание осадка и получение глинозёма.

Промытый осадок гидроксида алюминия вместе с фильтром переносят в предварительно взвешенный фарфоровый тигель. Тигель с осадком помещают в сушильный шкаф при температуре 105–110 °С для удаления основной массы влаги. После подсушки тигель переносят в муфельную печь, где проводят прокаливание при температуре 1200–1250 °С в течение 60 минут. В ходе этой стадии происходит дегидратация гидроксида алюминия с образованием целевого продукта – глинозёма ( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Реакция прокаливания:  $2\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}\uparrow$

По завершении прокаливания тигель охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивают для определения массы полученного оксида алюминия.

*Оформление отчета*

Отчет по практической работе должен быть структурирован и содержать следующие обязательные разделы:

1. Титульный лист (название работы, ФИО студента, группа, дата).
2. Цель работы.

3. Теоретическая часть: Краткое описание физико-химических основ процессов спекания, выщелачивания, карбонизации и прокаливания с соответствующими уравнениями

реакций.

4. Экспериментальная часть: Последовательное описание всех выполненных операций, занесенное в рабочую тетрадь непосредственно в ходе выполнения работы.

5. Результаты и расчеты:

1) Масса исходного нефелинового концентрата, г.

2) Масса полученного глинозёма ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), г.

3) Расчет практического выхода глинозёма по отношению к теоретическому, основанному на содержании  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в концентрате.

6. Выводы: Анализ результатов работы, обсуждение возможных причин потерь продукта и путей оптимизации процесса.

#### **Практическая работа №4. Использование металлотермических процессов в металлургии лёгких и редких металлов**

Цель работы: ознакомиться с принципами металлотермических процессов на примере восстановления оксида ванадия (V) металлическим кальцием, освоить методику проведения процесса в лабораторных условиях и оценить выход целевого продукта.

##### *Физико-химические основы процесса*

Металлотермия — это процесс восстановления металлов из их соединений (оксидов, галогенидов) с помощью других, более активных металлов. Восстановитель выбирают исходя из термодинамических расчетов: реакция должна сопровождаться значительным уменьшением энергии Гиббса, что достигается при большом сродстве восстановителя к кислороду или галогену.

Для легких (Ti, V) и редких (Zr, Nb, Ta) металлов, обладающих высоким сродством к кислороду, часто применяют кальциетермию. В данной работе исследуется восстановление оксида ванадия (V) кальцием:

Основная реакция:  $\text{V}_2\text{O}_5 + 5\text{Ca} \rightarrow 2\text{V} + 5\text{CaO}$

Данная реакция высокоэкзотермична, что позволяет ей протекать самопроизвольно после инициации. Образующийся оксид кальция ( $\text{CaO}$ ) переходит в шлак. Для снижения температуры плавления шлака и облегчения его отделения от металлической корольки в шихту часто добавляют флюс, например хлорид кальция ( $\text{CaCl}_2$ ).

##### *Экспериментальная методика и оборудование*

Методика основана на проведении твердофазной металлотермической реакции в замкнутом объеме (реакторе) в инертной атмосфере для предотвращения окисления восстановителя и целевого продукта. Используемое оборудование: муфельная печь или специальная установка для металлотермии, аналитические весы, щипцы, шкаф сушильный, аппарат для создания инертной атмосферы (аргонная или азотная система), стальная бомба (реактор) или магнетитовый тигель.

Основные реактивы: оксид ванадия (V) ( $\text{V}_2\text{O}_5$ , ч.д.а.), кальций металлический (Ca, гранулированный или стружка, ч.д.а.), хлорид кальция безводный ( $\text{CaCl}_2$ , ч.д.а.).

##### *Характеристика анализируемых материалов / получаемых продуктов*

1. Оксид ванадия (V) ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ): Порошок оранжево-желтого цвета. Гигроскопичен, токсичен.

2. Кальций металлический (Ca): Серебристо-белый металл. Легко окисляется на воздухе, при нагревании горит.

3. Хлорид кальция ( $\text{CaCl}_2$ ): Бесцветное кристаллическое вещество, гигроскопичное.

Используется как флюс.

4. Ванадий (V): Металл серебристо-серого цвета, тугоплавкий, порошкообразный в условиях опыта.

5. Шлак: Смесь оксида кальция (CaO) и флюса.

#### *Ход работы*

##### Подготовка к эксперименту

Перед началом работы все компоненты шихты необходимо просушить в сушильном шкафу при температуре 110–120 °С в течение 30–40 минут для удаления следов влаги. На аналитических весах взвешивают 3.64 г оксида ванадия (V) ( $V_2O_5$ ), 4.00 г металлического кальция и 2.00 г безводного хлорида кальция. Компоненты тщательно перемешивают в сухой ступке до получения однородной смеси. Следует работать быстро, чтобы минимизировать контакт гигроскопичных реагентов с воздухом.

##### Проведение металлотермической реакции

Приготовленную шихту помещают в стальную бомбу (реактор) или тугоплавкий тигель. Установку герметично закрывают и обеспечивают продувку инертным газом (аргоном) для вытеснения воздуха. После создания инертной атмосферы реактор помещают в муфельную печь, разогретую до температуры 700–750 °С. Этого теплового импульса достаточно для инициации экзотермической реакции, которая далее протекает самораспространяющимся образом. После завершения реакции, о чем свидетельствует прекращение свечения, реактор извлекают из печи и дают ему медленно остыть до комнатной температуры в атмосфере инертного газа.

##### Отделение и анализ продукта

После полного остывания реактор вскрывают. Содержимое представляет собой спекшийся агломерат, состоящий из металлических корольков ванадия и шлака. Агломерат извлекают и аккуратно дробят. Металлические частицы отделяют от хрупкого шлака механическим путем (отсеиванием, отбором пинцетом). Полученный порошок ванадия взвешивают для определения массы продукта и расчета практического выхода.

##### *Оформление отчета*

Отчет по практической работе должен содержать следующие разделы:

1. Титульный лист (название работы, ФИО студента, группа, дата).
2. Цель работы.
3. Теоретическая часть: Краткое описание принципов металлотермии, обоснование выбора восстановителя, термодинамические предпосылки процесса, уравнения реакций.
4. Экспериментальная часть: Подробное описание всех стадий проведения работы.
5. Результаты и расчеты:
  - 1) Массы всех компонентов шихты.
  - 2) Масса полученного металлического ванадия.
  - 3) Расчет теоретического выхода ванадия по стехиометрии реакции.
  - 4) Расчет практического выхода продукта.
6. Анализ эффективности процесса (величина выхода), обсуждение факторов, влияющих на ход реакции (чистота реагентов, герметичность установки, однородность шихты), и возможных причин потерь продукта.

#### **Практическая работа №5. Новые стали в автомобилестроении**

Цель работы: изучить влияние различных режимов термической обработки (отжиг, закалка, отпуск) на формирование микроструктуры и изменение механических свойств (твёрдости) низколегированной стали, применяемой в производстве элементов кузова

автомобиля.

### *Физико-химические основы процесса*

Современные стали для автомобилестроения — это сложнолегированные сплавы, разработанные для обеспечения высокой прочности, пластичности и ударной вязкости. К ним относятся стали типа DP (Dual-Phase), TRIP (Transformation Induced Plasticity), MS (Martensitic) и другие. В основе их свойств лежит композиционная микроструктура, состоящая из феррита, мартенсита, бейнита и остаточного аустенита.

Ключевым инструментом управления микроструктурой и, следовательно, свойствами стали является термическая обработка. Нагрев до температур аустенитизации приводит к образованию гомогенной  $\gamma$ -фазы (аустенита). Последующее охлаждение с разной скоростью определяет фазовый состав конечного продукта:

1. Медленное охлаждение (отжиг): способствует распаду аустенита на равновесные феррит и перлит, обеспечивая хорошую обрабатываемость давлением.
2. Быстрое охлаждение (закалка): фиксирует метастабильные структуры — мартенсит и бейнит, обладающие высокой прочностью и твёрдостью.
3. Отпуск: последующий нагрев закалённой стали для снятия внутренних напряжений и повышения пластичности и вязкости за счет распада мартенсита.

### *Экспериментальная методика и оборудование*

Методика основана на применении стандартных режимов термической обработки к образцам стали с последующей оценкой изменений их структуры и свойств. Используемое оборудование: лабораторная камерная муфельная печь с контролем температуры, твердомер Роквелла (шкала C), шлифовально-полировальный станок, металлографический микроскоп с цифровой камерой, набор абразивных материалов и реактивов для травления (например, 4%-ный раствор азотной кислоты в этиловом спирте).

Основные материалы: образцы низколегированной стали (например, марки 09Г2С или аналог для холодной штамповки) размерами  $\sim 15 \times 15 \times 10$  мм.

### *Характеристика анализируемых материалов / получаемых продуктов*

1. Исходная сталь: Низколегированная сталь в состоянии поставки (обычно после прокатки и отжига). Исходная структура — феррито-перлитная.
2. Закалённая сталь: обладает высокой твёрдостью и хрупкостью. Микроструктура — мартенсит.
3. Отожжённая сталь: обладает низкой твёрдостью и высокой пластичностью. Микроструктура — феррит и перлит.
4. Закалённая и отпущенная сталь: обладает оптимальным сочетанием прочности и вязкости. Микроструктура — отпущенный мартенсит (сорбит).

### *Ход работы*

#### *Подготовка к эксперименту*

Перед началом термической обработки каждый стальной образец необходимо подготовить. Одну из граней образца следует последовательно отшлифовать и отполировать до зеркального блеска для последующего металлографического анализа. Далее проводится измерение исходной твёрдости на твердомере Роквелла (HRC) в трёх точках отполированной поверхности с вычислением среднего значения. После этого образцы маркируются для идентификации.



## Проведение термической обработки

Подготовленные образцы подвергаются различным термическим режимам. Один образец помещается в муфельную печь, разогретую до температуры 900 °С, и выдерживается в течение 20 минут для завершения процесса аустенитизации, после чего извлекается и медленно охлаждается на воздухе или вместе с печью, что соответствует режиму отжига. Второй образец после аналогичной выдержки при 900 °С подвергается быстрому охлаждению в воде или масле для проведения операции закалки. Третий образец сначала закаливается по тому же режиму, что и второй, а затем помещается в печь, разогретую до температуры 400 °С, для проведения отпуска с выдержкой в течение 30 минут с последующим охлаждением на воздухе.

## Анализ результатов обработки

После полного остывания всех образцов проводится измерение их твёрдости по методу Роквелла. Для каждого образца замеры производятся в трёх точках, и рассчитывается среднее арифметическое значение. Далее подготовленные ранее полированные поверхности образцов подвергаются травлению специальным реактивом для выявления микроструктуры. Проводится исследование микроструктур каждого образца под металлографическим микроскопом при увеличении  $\times 200$  и  $\times 500$  с зарисовкой или фотографированием характерных участков. Сравниваются размер зерна, форма и распределение структурных составляющих.

## Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать следующие разделы:

1. Титульный лист (название работы, ФИО студента, группа, дата)
2. Цель работы.
3. Теоретическая часть: Краткое описание роли легирующих элементов в сталях для автомобилестроения, сущности фазовых превращений при термической обработке и формировании комплексных микроструктур.
4. Экспериментальная часть: Описание хода работы, включая режимы термической обработки (температуры, среды охлаждения, время выдержки).
5. Результаты и расчеты:
  - 1) Таблица с результатами измерений твёрдости.
  - 2) Зарисовки или фотографии микроструктур.
  - 3) Анализ взаимосвязи "режим обработки — микроструктура — твёрдость".
6. Выводы: формулируются на основе анализа данных таблицы и микрофотографий. Указывается, как различные виды термической обработки влияют на структуру и свойства стали, и делается предположение о возможном применении стали в том или ином состоянии для конкретных деталей автомобиля (например, отожженная — для штамповки, закаленная и отпущенная — для силовых элементов).

## Практическая работа №6. Перспективные материалы для авиакосмической техники

Цель работы: получить интерметаллидный сплав системы Ni-Ti методом дуговой плавки, изучить его микроструктуру и оценить термостабильность при высокотемпературном отжиге.

## Физико-химические основы процесса

Интерметаллиды — это химические соединения двух или более металлов, обладающие упорядоченной кристаллической структурой и особым комплексом свойств. Для

авиакосмической техники наибольший интерес представляют жаропрочные соединения на основе никеля и алюминия ( $\text{Ni}_3\text{Al}$ ,  $\text{NiAl}$ ) и титана ( $\text{Ti}_3\text{Al}$ ,  $\text{TiAl}$ ), а также сплавы с эффектом памяти формы на основе никелида титана ( $\text{NiTi}$ ).

Никелид титана ( $\text{NiTi}$ ), известный как нитинол, сочетает в себе эффект памяти формы, сверхупругость, высокую коррозионную стойкость и хорошую биосовместимость. Эти свойства делают его перспективным для изготовления термоактивных элементов в авиакосмических системах, например, раздвигаемых конструкций или самораскрывающихся элементов. Синтез таких сплавов требует строгой стехиометрии и контроля состава, так как их свойства критически зависят от соотношения компонентов и чистоты.

#### *Экспериментальная методика и оборудование*

Методика основана на синтезе сплава в среде инертного газа для предотвращения окисления высокореакционных компонентов (титана) с последующим металлографическим анализом и испытанием на термостабильность. Используемое оборудование: установка для дуговой плавки с медным водоохлаждаемым поддоном и вольфрамовым электродом в атмосфере аргона, аналитические весы, вакуумный насос, шлифовально-полировальный станок, металлографический микроскоп, лабораторная муфельная печь, твердомер.

Основные реактивы: никель электролитический ( $\text{Ni}$ , марки ЧДА), титан губчатый ( $\text{Ti}$ , марки ТГ-90 или аналогичная), аргон газообразный высшей очистки.

#### *Характеристика анализируемых материалов / получаемых продуктов*

1. Исходные материалы: Никель — серебристо-белый металл, пластичный. Титан — серебристый металл, легкий, склонный к окислению на воздухе при высоких температурах.
2. Синтезированный сплав  $\text{NiTi}$ : Интерметаллид серебристого цвета, хрупкий в литом состоянии. Имеет высокую температуру плавления ( $\sim 1300^\circ\text{C}$ ).
3. Микроструктура: после синтеза и гомогенизирующего отжига представляет собой однофазную или двухфазную структуру (B2-фаза и др.) в зависимости от стехиометрии.

#### *Ход работы*

##### Подготовка шихты и синтез сплава

Перед началом синтеза необходимо рассчитать массы никеля и титана для получения сплава стехиометрического состава  $\text{Ni}_{50}\text{Ti}_{50}$  (ат. %). Компоненты взвешивают на аналитических весах с высокой точностью. Плавку проводят на установке дуговой плавки. Медный поддон тщательно очищают, размещают на нем шихту, после чего камеру герметично закрывают. Систему вакуумируют и заполняют очищенным аргоном. Процесс плавки инициируют с помощью вольфрамового электрода, сплав выдерживают в расплавленном состоянии в течение 1-2 минут для обеспечения гомогенизации. Для достижения равномерности состава слиток переплавляют не менее 3-4 раз.

##### Гомогенизирующий отжиг и подготовка образцов

Полученный слиток извлекают из камеры и подвергают гомогенизирующему отжигу в муфельной печи при температуре  $900^\circ\text{C}$  в течение 4-6 часов в атмосфере аргона или в вакууме для снятия ликвационных неоднородностей. После отжига слиток охлаждают вместе с печью. От слитка отрезают образец для исследований. Образец подвергают стандартной процедуре металлографической подготовки: шлифовке на абразивных бумагах с последовательно уменьшающимся зерном и конечной полировке алмазной пастой. Полированную поверхность травят специальным реактивом для выявления микроструктуры.

##### Исследование микроструктуры и испытание на термостабильность

Проводят исследование микроструктуры подготовленного образца под металлографическим микроскопом при увеличениях  $\times 100$ ,  $\times 200$  и  $\times 500$ . Фиксируют наличие пор, неметаллических включений, оценивают однородность структуры. Далее образец помещают в муфельную печь, разогретую до температуры  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для проведения испытания на термостабильность с выдержкой в течение 1 часа. После извлечения и охлаждения образец повторно анализируют под микроскопом, отмечая возможные изменения микроструктуры, такие как рост зерна или выделение новых фаз.

#### *Оформление отчета*

Отчет по практической работе должен содержать следующие разделы:

1. Титульный лист (название работы, ФИО студента, группа, дата)
2. Цель работы.
3. Теоретическая часть: Роль интерметаллидов в авиакосмической технике, свойства никелида титана, принцип дуговой плавки в инертной атмосфере.
4. Экспериментальная часть: Подробное описание этапов синтеза, отжига и подготовки образцов.
5. Результаты и расчеты:
  - 1) Расчет масс шихты для получения сплава  $\text{Ni}_{50}\text{Ti}_{50}$  заданной массы.
  - 2) Зарисовки или фотографии микроструктуры до и после высокотемпературной выдержки.
  - 3) Оценка однородности сплава и термостабильности его структуры.
6. Выводы: на основе проведенных исследований формулируются выводы об успешности синтеза интерметаллического сплава, его исходной микроструктуре и устойчивости к кратковременному высокотемпературному воздействию. Обсуждаются критерии, которым должен соответствовать материал для применения в авиакосмической технике.

#### **Практическая работа №7. Объемные наноматериалы**

Цель работы: ознакомиться с принципами получения объемных наноматериалов без изменения формы образца, изучить влияние интенсивной пластической деформации на микроструктуру и микротвердость технически чистого алюминия.

##### *Физико-химические основы процесса*

Объемные наноматериалы (ОНМ) — это массивные образцы (не порошки или пленки), имеющие наноструктурные элементы (зерна, субзерна) размером менее 100 нм в одном, двух или трех измерениях. Ключевой вызов при их получении — совмещение высокого уровня наноструктурирования с отсутствием макропор и дефектов, характерных для методов порошковой металлургии.

Методы интенсивной пластической деформации (ИПД), такие как равноканальное угловое прессование (РКУП), позволяют решить эту задачу. При РКУП образец, продавливаемый через канал с резким изгибом, подвергается простому сдвигу. Накопление деформации при многократном повторении процесса приводит к фрагментации исходной зеренной структуры до субмикронного и наноуровня. При этом форма и размеры образца остаются практически неизменными. В результате формируется объемный материал с ультрамелкозернистой структурой, обладающий уникальным комплексом механических свойств: высокой прочностью, приближающейся к теоретическому пределу, и хорошей пластичностью.

### *Экспериментальная методика и оборудование*

Методика основана на последовательном пропускании металлического образца через РКУП-оснастку с контролем числа проходов и схемы поворотов образца. Используемое оборудование: универсальная испытательная машина с оснасткой для РКУП, твердомер Виккерса или микротвердомер, шлифовально-полировальный станок, металлографический микроскоп высокого разрешения или сканирующий электронный микроскоп (СЭМ).

Основные материалы: прутки технически чистого алюминия (марка АД0 или аналог) диаметром 10-20 мм и длиной, кратной длине канала оснастки.

#### *Характеристика анализируемых материалов / получаемых продуктов*

1. Исходный материал: технически чистый алюминий в отожженном состоянии. Крупнозернистая структура (размер зерна 50–100 мкм), низкая прочность и твердость, высокая пластичность.

2. Материал после 1 прохода РКУП: неравномерно деформированная структура с полосами сдвига, начало процесса фрагментации зерен.

3. Материал после 4–8 проходов РКУП: Объемный наноструктурированный материал. Однородная ультрамелкозернистая структура (размер зерна 200–500 нм). Высокая прочность и твердость при сохранении заметной пластичности.

#### *Ход работы*

##### *Подготовка образцов и проведение РКУП*

Перед началом работы из прутка технически чистого алюминия изготавливают цилиндрические образцы, точно соответствующие размерам канала РКУП-оснастки. Поверхности образцов и каналов оснастки тщательно смазывают консистентной смазкой для снижения трения. Проводят исходные замеры микротвердости на торце образца. Образец помещают в входной канал оснастки, установленной на испытательную машину. Пуансоном образец продавливают через зону деформации (канал с углом, например, 90°). После первого прохода образец извлекают и, в соответствии с выбранной схемой (например, route Bc, с поворотом на 90° вокруг продольной оси между проходами), повторно помещают в оснастку. Процедуру повторяют для 1, 4 и 8 проходов.

##### *Анализ микроструктуры*

После деформации из центральной части каждого образца (продольное сечение) вырезают небольшие фрагменты для металлографического анализа. Образцы подвергают стандартной процедуре шлифовки, полировки и последующего электрохимического травления для выявления границ зерен. Микроструктуру исследуют под металлографическим микроскопом и, при наличии возможности, под СЭМ. Проводят сравнительный анализ микроструктур исходного материала и образцов после различного числа проходов РКУП, обращая внимание на размер зерна, его однородность и наличие деформационных полос.

##### *Измерение микротвердости*

На подготовленных полированных поверхностях образцов проводят измерения микротвердости по методу Виккерса. Замеры выполняют не менее чем в 10 точках для каждого образца, располагая индентор вдоль центральной оси. Полученные данные усредняют и вычисляют стандартное отклонение для оценки однородности свойств материала.

#### *Оформление отчета*

Отчет по практической работе должен содержать следующие разделы:

1. Титульный лист (название работы, ФИО студента, группа, дата).
2. Цель работы.
3. Теоретическая часть: Понятие об объемных наноматериалах, принцип методов интенсивной пластической деформации, механизм измельчения структуры при РКУП.
4. Экспериментальная часть: Описание процедуры РКУП (число проходов, схема поворотов), методик подготовки образцов и проведения измерений.
5. Результаты и расчеты:
  - 1) Таблица с результатами измерений микротвердости.
  - 2) Зарисовки или фотографии микроструктур.
  - 3) График зависимости микротвердости от числа проходов РКУП.
6. Выводы: на основе полученных данных формулируются выводы о влиянии числа проходов РКУП на степень измельчения микроструктуры и рост микротвердости. Обсуждается достигнутый уровень наноструктурирования и потенциал полученных материалов для практического применения.

**Таблица 4. Критерии оценивания практической работы**

Критерий	Результат
Задания выполнены в полном объеме. Предоставлен письменный ответ. Выявлены знания компетентности в рамках задания.	4 баллов
Задания выполнены частично. Представлен письменный ответ. Выявлены частичные знания компетентности в рамках задания.	1 баллов
Задания не выполнены. Не представлен письменный ответ. Знания компетентности в рамках задания не выявлены.	0 баллов

#### **Вопросы для устного опроса**

1. Тенденции развития человеческого общества и их связь с проблемами минерально-сырьевого комплекса. Влияние технических решений в металлургии и материаловедении на показатели научно-технического прогресса, развитие экономики и обороноспособности страны. Государственное регулирование при решении актуальных проблем народного хозяйства.
2. Сырьевая база цветной металлургии и ведущие тенденции её изменения применительно к основным группам цветных и редких металлов.
3. Повышение качества производимой продукции и расширение её ассортимента обладающей высокими потребительскими свойствами.
4. Механизмы упрочнения металлических материалов. Упрочнение в результате образования твердых растворов. Эффект размера зерна. Влияние частиц второй фазы.
5. Чистые по неметаллическим включениям стали и сплавы как материалы с высокой конструкционной прочностью и специальными свойствами.
6. Современные достижения и тенденции развития высокопрочных сталей.
7. Современные достижения и тенденции развития высокопрочных конструкционных мартенситно-старяющихся сталей.
8. Особенности деформации сверхпрочных материалов.

9. Изучение сплавов с высокой удельной прочностью с дополнительным легированием упрочнителями.

10. Современное состояние и ведущие тенденции развития материаловедения в интересах обеспечения потребностей человечества в высокоэффективных материалах.

11. Применение современных методов исследования и испытаний материалов, металлов и сплавов, с целью прогнозирования их строения и свойств.

12. Основные проблемы металлургии и материаловедения чёрных металлов: экономия раскислителей, ферросплавов и лигатур; увеличения ресурса работы футеровки; экономии материальных и энергетических ресурсов; повышение интенсивности работы оборудования; снижение отсортировки металла по дефектам поверхности и результатам УЗК; исключение аварийных ситуаций на УНРС; необходимость ремонта поверхности непрерывнолитых заготовок и проката из них.

13. Основные проблемы металлургии и материаловедения цветных металлов: повышение качества цветных металлов и сплавов.

14. Современные достижения в области поверхностного упрочнения металлоизделий, повышения их коррозионной устойчивости и придания материалам антифрикционных свойств.

15. Материалы для службы при высоких температурах.

16. Тенденции научно-технического прогресса в разработке материалов для службы при высоких температурах (авиация, и космическая техника, энергетика). Требования к жаропрочным и жаростойким сплавам. Суперсплавы. Повышение стабильности и уровня физико-механических и служебных свойств для рабочих температур 1100-1600 °С. Создание монокристаллических сплавов. Разработка новых интерметаллических сплавов с упорядоченной структурой на основе  $\text{Ni}_3\text{Al}(\text{Fe})$  и  $\text{Ni}_3\text{Al}(\text{Co})$ ,  $\text{TiAl}$ ,  $\text{Ti}_3\text{Al}$ , а также тугоплавких металлов с жаростойкими покрытиями.

17. Материалы с особыми электромагнитными свойствами.

18. Материалы с особыми механическими свойствами.

19. Композиционные материалы как один из приоритетных направлений материаловедения XXI века. Высокопрочные и высокомодульные композиционные материалы.

20. Новые конструкционные стали в автомобилестроении. Современные трубные стали. Перспективные материалы в судостроении. Перспективные материалы и технологии для авиакосмической техники.

21. Физические основы азотистых сталей: влияние азота и углерода на межатомное взаимодействие в железе; ближний атомный порядок; термодинамическая стабильность твердых растворов; механизмы упрочнения и механические свойства. Классификация способов создания высокоазотистых сталей и сплавов. Высокопрочные коррозионностойкие стали аустенитного класса. Высоко-азотистые стали мартенситного класса. Двухфазные высокохромистые стали, легированные азотом. Комплексно легированные азотом и углеродом стали широкого спектра назначения. Область применения высокоазотистых сталей. Перспектива развития высокоазотистых сталей.

22. Металлические проводниковые материалы. Полупроводниковые материалы. Магнитные стали и сплавы. Сплавы с высоким электрическим сопротивлением. Стали и сплавы с особыми упругими свойствами. Сплавы с заданным коэффициентом теплового расширения. Новые интеллектуальные материалы с памятью формы и технологии их получения.

23. Понятие аморфного состояния твердого тела. Структура аморфных материалов. Механические свойства. Специальные свойства. Области и перспективы применения

24. Понятие и классификация наноматериалов. Виды современных наноматериалов. Объемные наноматериалы. Методы получения объемных наноматериалов. Фуллерены и нанотрубки.

25. Нанокompозитные и нанопористые материалы.

26. Ионная имплантация. Лазерное легирование.

27. Интенсивная пластическая деформация трением (ИПДТ) сталей. Нанокристаллическая структура. Накопление пластической деформации и повреждаемость поверхностных слоев. Упрочнение поверхности при ИПДТ. Изменение химического состава поверхностных слоев. Влияние ИПДТ на механические свойства и разрушение сталей. Перспективы использования ИПДТ в инновационных технологиях.

**Таблица 4.1. Критерии оценивания устного опроса**

Критерий	Балл
обучающийся не смог дать ответ, допустил значительные ошибки при ответе на вопросы преподавателя	0
обучающийся ответил на поставленный вопрос преподавателя, допустив незначительные ошибки в ответах или выполнил задание в целом правильно, допустив неточности и незначительные ошибки	10
обучающийся без ошибок полно и правильно ответил на поставленный вопрос преподавателя	20

**Таблица 4.2. Критерии оценивания заданий из вариативной части**

№	Вид работ	Min	Max
2.1	Реферат по дисциплине «Материаловедение»	1	5
2.2	Участие в НИРС	10	25
2.3	Участник клуба МиФ	1	10
2.4	Участие в олимпиаде (физика, математика)	5	10
2.4.1	участие	5	5
2.4.2	призер	10	10
2.5	Публикация в индексируемом журнале (совместно с преподавателем)	10	10
2.6	Акселерационная программа/ проект Росмолодежи	20	40
2.6.1	участие	20	20
2.6.2	грант	40	40
	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	30
Итого баллов по вариативной части		40	60
Итого баллов по дисциплине			100

### **Расчетно-графическая работа № 1. «Влияние углерода на механические свойства стали»**

Цель работы: уметь оценивать влияние состава материала на его свойства уметь навыки работы с ГОСТами и справочной литературой.

Задание

Исследовать влияние углерода на свойства углеродистых сталей, определяемые при механических испытаниях (по варианту таблицы).

### Порядок выполнения работы

По условному марочному обозначению определить наименование сталей и номер ГОСТа, устанавливающего требования к их составу и свойствам.

Пользуясь ГОСТом или справочной литературой, ознакомиться с нормируемыми показателями состава и свойств сталей. Данные представить в виде таблицы:

Механические свойства сталей \_\_\_\_\_ ГОСТ \_\_\_\_\_  
указать марки и состояние сталей \_\_\_\_\_ номер \_\_\_\_\_

№	Марка стали	Содержание углерода, %	Механические свойства	
1.				
2.				
...				

По данным таблицы построить графическое изображение зависимости заданных механических свойств сталей от содержания углерода в них.

Сделать обобщающие выводы о характере и причинах зависимости механических свойств от состава сталей.

### Варианты заданий

Вариант	Марки сталей	Состояние материала	Механические свойства
1.	08–60	категория ТВ2, нагартованный отожженный	твердость НВ твердость НВ
2.	08–60	категория М1, прокат нормализованный	Предел текучести $\sigma_m$ , относительное удлинение $\delta$ .
3.	08–60	категория М1, прокат нормализованный	временное сопротивление $\sigma_B$ , относительное сужение $\psi$ .
4.	25–50	категория М1, прокат нормализованный	временное сопротивление $\sigma_B$ , относительное удлинение $\delta$ , ударная вязкость
5.	10–50	категория М2, прокат калиброванный,	временное сопротивление $\sigma_B$ , относительное удлинение $\delta$ .
6.	10–50	категория М2, прокат калиброванный, нагартованный	временное сопротивление $\sigma_B$ , относительное сужение $\psi$ .



7.	10–50	категория М2, прокат калиброванный, отожженный	временное сопротивление $\sigma_B$ , относительное удлинение $\delta$ .
8.	10–50	Категория М2, прокат калиброванный, отожженный	временное сопротивление $\sigma_B$ , относительное сужение $\psi$ .
9.	25–60	категория М3, прокат калиброванный улучшенный $d \leq 16$ мм	предел текучести $\sigma_m$ , относительное удлинение $\delta$ .
10.	25–60	категория М3, прокат калиброванный улучшенный $d \leq 16$ мм	временное сопротивление $\sigma_B$ , работа удара
11.	Ст0-Ст6сп	прокат горячекатанный	временное сопротивление $\sigma_B$ , относительное удлинение $\delta$ .
12.	Ст2сп-Ст6сп	прокат горячекатанный толщиной 20–40 мм	предел текучести $\sigma_m$ , относительное удлинение $\delta$ .
13.	Ст2-Ст4	прокат горячекатанный, толщиной 20–40 мм, кипящие стали; спокойные стали.	временное сопротивление $\sigma_B$ , относительное удлинение $\delta$ .
14.	Ст2-Ст4	прокат горячекатанный толщиной до 20 мм	предел текучести $\sigma_m$ , относительное удлинение $\delta$ .
15.	Ст3	прокат горячекатанной различной толщины кипящая сталь полу- и спокойная сталь с обычным и повышенным содержанием марганца	временное сопротивление $\sigma_B$ , предел текучести $\sigma_m$ , относительное удлинение $\delta$ .
16.	10–35 А11-А35	Прокат категории М1, горячекатанный.	временное сопротивление $\sigma_B$ , относительное удлинение $\delta$ , относительное сужение $\psi$ .
17.	25–60	категория М3, прокат калиброванный улучшенный $d \leq 16$ мм	временное сопротивление $\sigma_B$ , работа удара
18.	Ст0-Ст6сп	прокат горячекатанный	временное сопротивление $\sigma_B$ , относительное удлинение $\delta$ .

19.	08–60	категория М1, прокат нормализованный	временное сопротивление $\sigma_B$ , относительно сужение $\psi$ .
20.	25–50	категория М1, прокат нормализованный	временное сопротивление $\sigma_B$ , относительное удлинение $\delta$ , ударная вязкость

При выполнении расчетно-графических работ текущего контроля учитывается подготовка и защита, используется следующее распределение баллов:

не более 10 баллов за подготовку;

не более 10 баллов за защиту.

**Таблица 4.3. Критерии оценивания расчетно-графических работ**

Критерий	Балл
обучающийся не смог объяснить цель, задачи, проблемную ситуацию и т.д., работа не выполнена или выполнена с грубыми, значительными ошибками	0
обучающийся смог объяснить цель, задачи, проблемную ситуацию и т.д., допустил значительные ошибки при выполнении задания	10
обучающийся смог полностью объяснить цель, задачи, проблемную ситуацию и т.д., допустил незначительные ошибки при выполнении задания, не влияющие на правильность решения задания, заимствования не более 50% текста, без указания источника заимствования	20

## Расчетно-графическая работа № 2. «Кристаллическое строение металлов»

**Цель работы:** иметь представление об особенностях кристаллического строения и свойствах металлов.

### Задание

Охарактеризовать параметры (период, координационное число, базис) кристаллической решетки металлов в соответствии с заданным вариантом (таблица 10). Согласно индексам Миллера указать (штриховкой) соответствующую плоскость на схемах кубической кристаллической решетки.

Охарактеризовать физические свойства заданных металлов.

### Порядок выполнения работы

Пользуясь рекомендуемой литературой уяснить основные особенности кристаллического строения, металлической связи и свойств металлов.

Согласно таблице 11, указать основные типы кристаллических решеток металлов (с примерами металлов).

Изобразить схемы кристаллических решеток заданных металлов, обозначив на них период.

Определить координационное число и базис для каждого из заданных металлов.

На схеме кубической ячейки указать (штриховкой) плоскость, соответствующую заданным индексам Миллера.

Определить плотность одного из металлов, пользуясь зависимостью:

$$\rho = 1,662 \frac{AZ}{V_0}, \text{ г/см}^3,$$

где  $A$  – атомный вес,  $Z$  – базис,  $V_0$  – объем ячейки (параметры ячейки выражать в ангстремах  $1\text{\AA} = 10^{-8}$ ).

Атомный вес и периоды ячеек некоторых металлов приведены в таблице.

Сравнить рассчитанное значение плотности со справочными данными и охарактеризовать физические свойства заданных металлов.

№	Металл	Индексы Миллера	№	Металл	Индексы Миллера
1.	Ti, V	(100)	11.	Zn, Ni, Cr	(111)
2.	Be, Na, Pt	(010)	12.	Pb, Cd, Ta	(010)
3.	Li, Re, Ir	(110)	13.	Pt, Hf	(100)
4.	Al, Ta, Zn	(001)	14.	Ag, V, Re	(213)
5.	Zr, Au	(111)	15.	Cu, Zn, Mo	(312)
6.	Fe, Ru	(213)	16.	Na, Co	(212)
7.	W, Cd	(312)	17.	Li, Ti	(223)
8.	Nb, Pd, Sc	(212)	18.	Cr, V, Ni	(322)
9.	Co, Cr	(223)	19.	Ta, Re, Pb	(333)
10.	K, Ag, Os	(322)	20.	Ni, Zr	(001)

Номер периода	Номер подгруппы																	
	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VI A	VIIA	VIIIA	IB	IIB	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII B		
1	1 H 1s <sup>1</sup> Г															2 He 1s <sup>2</sup>		
2	3 Li 2s <sup>1</sup> Г	4 Be 2s <sup>2</sup> Г									5 B 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup> Г	6 C 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> Г, Г	7 N 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> Г	8 O 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> Г, Г	9 F 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup> Г	10 Ne 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> Г		
3	11 Na 3s <sup>1</sup> Г	12 Mg 3s <sup>2</sup> Г									13 Al 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> Г	14 Si 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> Г, Г	15 P 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> Г, Г	16 S 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> Г, Г	17 Cl 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> Г	18 Ar 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> Г		
<p>Условные обозначения</p> <p>□ - элементы-полупроводники</p> <p>Типы кристаллических решеток:</p> <p>К - гранецентрированная кубическая (г.ц.к.)</p> <p>О - объемноцентрированная кубическая (о.ц.к.)</p> <p>Г - гексагональная</p> <p>Т - тетрагональная</p> <p>Р - ромбоэдрическая</p> <p>Д - другие типы решеток</p>																		
Переходные металлы																		
4	19 K 4s <sup>1</sup> Г	20 Ca 4s <sup>2</sup> Г	21 Sc 4s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup> Г	22 Ti 4s <sup>2</sup> 3d <sup>2</sup> Г, Г	23 V 4s <sup>2</sup> 3d <sup>3</sup> Г	24 Cr 4s <sup>1</sup> 3d <sup>5</sup> Г	25 Mn 4s <sup>2</sup> 3d <sup>5</sup> Г, Г	26 Fe 4s <sup>2</sup> 3d <sup>6</sup> Г, Г	27 Co 4s <sup>2</sup> 3d <sup>7</sup> Г, Г	28 Ni 4s <sup>2</sup> 3d <sup>8</sup> Г, Г	29 Cu 4s <sup>1</sup> 3d <sup>10</sup> Г	30 Zn 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> Г	31 Ga 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> Г, Г	32 Ge 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> Г	33 As 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> Г	34 Se 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup> Г	35 Br 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup> Г	36 Kr 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup> Г
5	37 Rb 5s <sup>1</sup> Г	38 Sr 5s <sup>2</sup> Г, Г	39 Y 5s <sup>2</sup> 4d <sup>1</sup> Г	40 Zr 5s <sup>2</sup> 4d <sup>2</sup> Г, Г	41 Nb 5s <sup>1</sup> 4d <sup>4</sup> Г	42 Mo 5s <sup>1</sup> 4d <sup>5</sup> Г	43 Tc 5s <sup>1</sup> 4d <sup>6</sup> Г	44 Ru 5s <sup>1</sup> 4d <sup>7</sup> Г, Г	45 Rh 5s <sup>1</sup> 4d <sup>8</sup> Г, Г	46 Pd 5d <sup>10</sup> Г	47 Ag 5s <sup>1</sup> 4d <sup>10</sup> Г	48 Cd 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> Г	49 In 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> Г	50 Sn 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> Г, Г	51 Sb 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup> Г	52 Te 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> Г	53 I 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup> Г	54 X 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> Г
6	55 Cs 6s <sup>1</sup> Г	56 Ba 6s <sup>2</sup> Г	57-71 La* 6s <sup>2</sup> 5d <sup>1</sup> Г, Г	72 Hf 6s <sup>2</sup> 5d <sup>2</sup> Г, Г	73 Ta 6s <sup>2</sup> 5d <sup>3</sup> Г, Г	74 W 6s <sup>2</sup> 5d <sup>4</sup> Г, Г	75 Re 6s <sup>2</sup> 5d <sup>5</sup> Г, Г	76 Os 6s <sup>2</sup> 5d <sup>6</sup> Г, Г	77 Ir 6s <sup>2</sup> 5d <sup>7</sup> Г, Г	78 Pt 6s <sup>2</sup> 5d <sup>8</sup> Г, Г	79 Au 6s <sup>1</sup> 5d <sup>10</sup> Г	80 Hg 6s <sup>2</sup> 5d <sup>10</sup> Г	81 Tl 6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup> Г, Г	82 Pb 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup> Г	83 Bi 6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup> Г	84 Po 6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup> Г, Г	85 At 6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup> Г	86 Rn 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup> Г
7	87 Fr 7s <sup>1</sup>	88 Ra 7s <sup>2</sup>	89-103 Ac** 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	104 Rf 7s <sup>2</sup> 6d <sup>2</sup>	105 Db 7s <sup>2</sup> 6d <sup>3</sup>	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
* Лантаноиды																		
58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tu	70 Yb	71 Lu					
** Актиноиды																		
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr					

Химический элемент	Атомный номер	Атомный вес	Параметры решетки при 20 °C	
Ag	47	107,880	4,0856	
Al	13	26,97	4,041	
Au	79	197,2	4,0783	
Cu	29	63,57	3,6153	
Fe	26	55,85	2,86	
K	19	39,102	5,323	
Na	11	22,997	4,286	
Ni	28	58,69	3,499	
Pb	82	207,21	4,953	
Pt	78	195,09	3,924	
Mg	12	24,305	3,103	5,200
Ti	22	47,90	4,135	
W	74	183,85	3,163	
Co	27	58,9332	3,536	
Li	3	6,94	3,509	
Pd	46	106,4	3,890	

При выполнении расчетно-графических работ текущего контроля учитывается подготовка и защита, используется следующее распределение баллов:

не более 10 баллов за подготовку;

не более 10 баллов за защиту.

**Таблица 4.4. Критерии оценивания расчетно-графических работ**

Критерий	Балл
обучающийся не смог объяснить цель, задачи, проблемную ситуацию и т.д., работа не выполнена или выполнена с грубыми, значительными ошибками	0
обучающийся смог объяснить цель, задачи, проблемную ситуацию и т.д., допустил значительные ошибки при выполнении задания	10
обучающийся смог полностью объяснить цель, задачи, проблемную ситуацию и т.д., допустил незначительные ошибки при выполнении задания, не влияющие на правильность решения задания, заимствования не более 50% текста, без указания источника заимствования	20

#### **Примерная тематика рефератов**

1. Неравновесная кристаллизация сплавов.
2. 4 основных превращения стали.
3. Лакокрасочные покрытия (ЛКП) как метод защиты конструкционных материалов от коррозии.

4. Горячая прокатка в производстве рельс и металлических профилей.
5. «Сверхпластичность» (что это, при каких условиях получается, как практически используется).
6. Сравнительный анализ ассортимента классических и современных хлопчатобумажных тканей для верхней одежды.
7. Метеориты, что это такое, радиация.
8. Нагревостойкие органические материалы.
9. Материалы, предназначенные для изготовления колёсных дисков.
10. Конструкционные материалы.
11. Диаграмма состояния двойных металлических систем (алюминий-лантан).
12. Старение полимерных материалов. Методы защиты полимерных материалов от старения.
13. Керамика.
14. Материалы для приготовления бетонной смеси, свойство бетонной смеси.
15. Анализ надежности буксовых узлов на современном подвижном составе.

**Таблица 4.5. Критерии оценивания реферата**

Критерий оценивания	Результат
Содержание реферата соответствует заявленной в названии тематике; реферат оформлен в соответствии с общими требованиями написания и техническими требованиями оформления реферата; реферат имеет чёткую композицию и структуру; в тексте реферата отсутствуют логические нарушения в представлении материала; корректно оформлены и в полном объёме представлены список использованной литературы и ссылки на использованную литературу в тексте реферата; реферат представляет собой самостоятельное исследование, представлен качественный анализ найденного материала, отсутствуют факты плагиата.	5 баллов
Содержание реферата соответствует заявленной в названии тематике; реферат оформлен в соответствии с общими требованиями написания реферата, но есть погрешности в техническом оформлении; реферат имеет чёткую композицию и структуру; в тексте реферата отсутствуют логические нарушения в представлении материала; в полном объёме представлены список использованной литературы, но есть ошибки в оформлении; реферат представляет собой самостоятельное исследование, представлен качественный анализ найденного материала, отсутствуют факты плагиата.	4 балла
Содержание реферата соответствует заявленной в названии тематике; в целом реферат оформлен в соответствии с общими требованиями написания реферата, но есть погрешности в техническом оформлении; в целом реферат имеет чёткую композицию и структуру, но в тексте реферата есть логические нарушения в представлении материала; в полном объёме представлен список использованной литературы, но есть ошибки в оформлении; некорректно оформлены или не в полном объёме представлены ссылки на использованную литературу в тексте реферата; в целом реферат представляет собой самостоятельное исследование, представлен анализ найденного материала, отсутствуют факты плагиата.	3 балла

Содержание реферата соответствует заявленной в названии тематике; в реферате отмечены нарушения общих требований написания реферата; есть погрешности в техническом оформлении; в целом реферат имеет чёткую композицию и структуру, но в тексте реферата есть логические нарушения в представлении материала; в полном объёме представлен список использованной литературы, но есть ошибки в оформлении; некорректно оформлены или не в полном объёме представлены ссылки на использованную литературу в тексте реферата; в целом реферат представляет собой достаточно самостоятельное исследование, представлен анализ найденного материала, присутствуют единичные случаи фактов плагиата.	2 балла
--	---------

### Образцы тестовых заданий текущего контроля ПК-1.1; ПК-1.2

1. Какие схемы пластической деформации приводят к формированию нанокристаллических структур при фрикционной обработке?
  - а) кручение под высоким давлением, равноканальное угловое прессование (РКУ прессование), всесторонняя ковка, РКУ вытяжка и др.;
  - б) ковка, штамповка;
  - в) шлифовка, полировка;
2. Какие технологические параметры фрикционной обработки оказывают сильное влияние на накопление деформации в металле?
  - а) электрополирование.
  - б) обработка скользящими полусферическими инденторами из различных твердых материалов;
  - в) шлифовка на станке.
3. Почему при проведении фрикционной обработки важно учитывать обусловленную деформацией поврежденность металла?
  - а) во время деформации происходит разрушение обрабатываемой поверхности металла;
  - б) во время деформации происходит повышение шероховатости обрабатываемой поверхности;
  - в) во время деформации происходит внедрение легирующих элементов в поверхность.
4. Какие структурные факторы определяют глубину деформационного упрочнения при фрикционной обработке сталей?
  - а) неотпущенный тетрагональный мартенсит, метастабильный остаточный аустенит, пластинчатый феррит + дефектный цементит;
  - б) мелкозернистый аустенит, цементит, пластинчатый феррит + третичный цементит;
  - в) аустенит + цементит + ледебурит, цементит + мелкозернистый перлит.
5. Какой не может быть структура материала?
  - а) Тонкая (расположение атомов и молекул).
  - б) Полиморфичная.
  - в) Микроструктура (фазы, зерна, дислокации);
  - г) Макроструктура (раковины, поры, трещины).
6. Железоуглеродистые сплавы в зависимости от содержания углерода делятся на...
  - а) Техническое железо и чугун.
  - б) Сталь и чугун.
  - в) Металлы и чугун.
  - г) Техническое железо, сталь и чугун.
7. Крупнозернистая структура стали- когда...

- а)  $\geq 256$  зерен в области исследования
- б)  $\geq 1345$  зерен в области исследования
- в) 16-128 зерен в области исследования
- г) 0-16 256 зерен в области исследования

8. В гексагональной плотноупакованной решетке

- а) атомы расположены в центрах оснований шестигранной призмы и три атома в середине призмы.
- б) атомы расположены в вершинах и центрах оснований шестигранной призмы и три атома в середине призмы.
- в) атомы расположены в вершинах куба и в центре каждой грани.
- г) атомы расположены в узлах ячейки и один атом в центре куба.

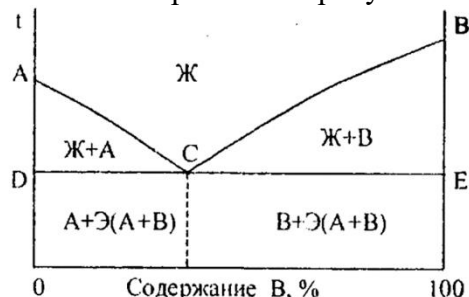
9. Длина горизонтального участка на кривых охлаждения металлов-это...

- а) время кристаллизации.
- б) время аморфизации.
- в) время охлаждения расплава.
- г) время охлаждения закристаллизованного слитка.

10. Что понимается под структурой материала?

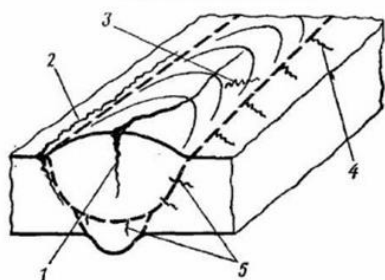
- а) Состав, размеры и форма, количественное соотношение и пространственное расположение составляющих материал частиц
- б) Химический состав
- в) Фазовый состав
- г) Соотношение микролегирующих компонентов

11. Что изображено на рисунке?



- а) Диаграмма состояния сплавов, образующих механические смеси
- б) Диаграмма состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии
- в) Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии
- г) Диаграмма состояния сплавов, образующих химическое соединение

12. Что изображено на рисунке?





а) виды горячих трещин

б) бездефектный сварной шов

в) виды холодных трещин

г) зона прокатки

13. По структуре наполнителя композиционные материалы подразделяют на

а) полимерные, металлические и органические

б) керамические, полимерные и металлические

в) волокнистые, слоистые, дисперсноармированные

г) углеродные, керамические и металлические

14. Отдельные кристаллы поликристаллического конгломерата, разделенные между собой смежными поверхностями, называемыми границами зерен, - это...

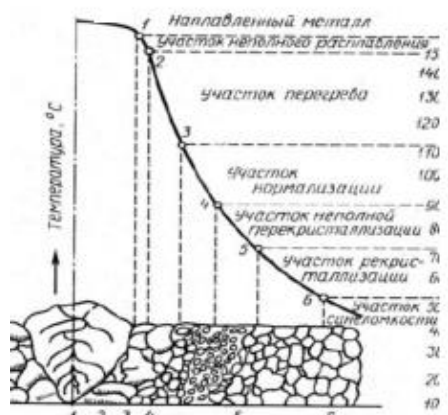
а) микроструктура

б) макроструктура

в) дислокации

г) зерна металлов

15. Что изображено на рисунке?



а) Модель нагружения сварного шва;

б) Виды дефектов в сварном шве;

в) Схема изменения структуры по участкам в сварном шве;

г) Всё, выше перечисленное.

16. Размеры микротрещин на первой стадии разрушения ...

а) не связаны с размерами структурных элементов

б) коррелируют с размерами структурных элементов, в течение примерно 10% времени действия нагрузок

в) остаются практически неизменными и коррелируют с размерами структурных элементов, в течение примерно 90% времени действия нагрузок

г) коррелируют с размерами структурных элементов, в течение примерно 90% времени действия нагрузок

17. Для улучшения комплекса механических и технологических свойств металл после пластической деформации подвергают

а) повторному отжигу (рекристаллизационному) при более высокой температуре

б) прокатке

в) закалке

г) повторному отжигу (рекристаллизационному) при более низкой температуре

18. Впервые установил, связь между строением стали, и её свойствами...

- а) Д.К.Чернов
- б) Н.А. Минкевич
- в) С.В.Лебедев
- г) П.П.Аносов

19. Что изображено на рисунке?

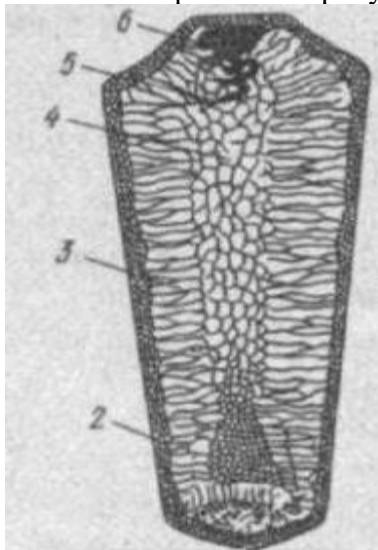


- а) Литая структура
- б) Деформированная структура
- в) Отожженная структура
- г) Структура после рекристаллизации

20. Великий русский ученый, открывший полиморфизм стали.

- а) С.С.Штейнберг (1872 -1940 гг.),
- б) Д.К.Чернов (1839 – 1921 гг.).
- в) П.П.Аносов (1799 – 1851гг.)
- г) А.М.Бутлеров (1828 – 1886 гг.).

21. Что изображено на рисунке?



- а) Строение стального слитка; 1)- стенки изложницы (не указаны). 2) – усадочная рыхлость, 3) - древовидные кристаллы, 4) - равноосные неориентированные кристаллы больших размеров, 5)- мелкие равноосные кристаллы, 6) - усадочная раковина
- б) Строение стального слитка; 1)- стенки изложницы (не указаны). 2) – мелкие равноосные кристаллы, 3) - древовидные кристаллы, 4) - равноосные неориентированные кристаллы больших размеров, 5) - усадочная рыхлость, 6)- усадочная раковина
- в) Строение стального слитка; 1)- усадочная раковина. 2) – мелкие равноосные кристаллы, 3) - древовидные кристаллы, 4) - равноосные неориентированные кристаллы больших размеров, 5) - усадочная рыхлость, 6) - стенки изложницы.
- г) Строение стального слитка; 1)- древовидные кристаллы 2) – мелкие равноосные кристаллы, 3) -, стенки изложницы (не указаны). 4) - равноосные неориентированные кристаллы больших размеров, 5) - усадочная рыхлость, 6)- усадочная раковина

22. Некоторые металлы в зависимости от температуры могут существовать в различных кристаллических формах. Это явление называется...

- а) Кристаллизация
- б) Полимодификация
- в) Аморфизация
- г) Полиморфизм

23. Химическое соединение образуется когда...

- а) атомы одного компонента входят в кристаллическую решетку другого
- б) компоненты сплава А и В вступают в химическое взаимодействие
- в) компоненты не способны к взаимодействию или взаимному растворению.
- г) затвердевает расплав

24. Машиностроительными чугунами, идущими на изготовление деталей, являются...

- а) белый и высокопрочный чугуны.
- б) серый и ковкий чугуны.
- в) серый, высокопрочный и ковкий чугуны.
- г) ковкий и высокопрочный чугуны.

**Таблица 4.6. Критерии оценивания тестирования**

Критерий	Баллы
Зачтено, более 40 % или равно 40% ответов правильных	10
Не зачтено, менее 40 % ответов правильных	0
Итого	0-10

#### **5. Содержание оценочных средств промежуточной аттестации. Критерии оценивания**

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен.

Форма проведения экзамена: устный ответ на два вопроса в билете.

#### **Перечень вопросов для подготовки к экзамену: ПК-1.**

1. Сырьевая база цветной металлургии и ведущие тенденции её изменения применительно к основным группам цветных и редких металлов.

2. Основные направления совершенствования существующих и создания новых технологий.

3. Повышение качества производимой продукции и расширение её ассортимента и производства хозяйственно значимой продукции, обладающей высокими потребительскими свойствами.

4. Современное состояние и ведущие тенденции развития материаловедения в интересах обеспечения потребностей человечества в высокоэффективных материалах.

5. Применение современных методов исследования и испытаний материалов, металлов и сплавов, с целью прогнозирования их строения и свойств.

6. Основные проблемы металлургии и материаловедения чёрных металлов: экономия раскислителей, ферросплавов и лигатур; увеличения ресурса работы футеровки; экономии материальных и энергетических ресурсов; повышение интенсивности работы оборудования; снижение отсортировки металла по дефектам поверхности и результатам УЗК.

7. Основные проблемы металлургии и материаловедения чёрных металлов: исключение аварийных ситуаций на УНРС; необходимость ремонта поверхности непрерывнолитых

заготовок и проката из них; обеспечение стабильности свойств и снижение отсортировки проката по механическим характеристикам до 80–90%.

8. Основные проблемы металлургии и материаловедения чёрных металлов: снижение затрат на разработку новых сталей и технологий; существенное повышение качества металлопродукции различного назначения.

9. Основные проблемы металлургии и материаловедения цветных металлов: повышение качества цветных металлов и сплавов; получение дисперсноупрочнённых сплавов.

10. Современные достижения в области поверхностного упрочнения металлоизделий.

11. Современные достижения в области повышения их коррозионной устойчивости металлоизделий.

12. Современные достижения в области придания материалам антифрикционных свойств.

13. Какой механизм пластической деформации приводит к формированию нанокристаллических структур при фрикционной обработке?

14. Какие технологические параметры фрикционной обработки оказывают сильное влияние на накопление деформации в металле?

15. Почему при проведении фрикционной обработки важно учитывать обусловленную деформацией поврежденность металла?

16. Какие структурные факторы определяют глубину деформационного упрочнения при фрикционной обработке сталей?

17. Как влияет содержание углерода в сталях на микротвердость и сопротивление термическому разупрочнению нанокристаллического мартенсита, формируемого фрикционной обработкой?

18. Каковы основные причины повышения теплостойкости закаленных сталей при фрикционной обработке?

19. Какое влияние оказывает фрикционная обработка на механические и трибологические свойства сталей?

20. По каким критериям может проводиться оптимизация режимов комбинированных деформационно-термических обработок?

21. В чем заключаются важнейшие преимущества фрикционной обработки?

22. В чем состоит различие во влиянии углерода и азота на межатомное взаимодействие в твердых растворах на основе железа?

23. Как влияют углерод и азот на распределение атомов легирующих элементов в твердых растворах на основе железа?

24. Объясните природу различия во влиянии углерода и азота на термодинамическую стабильность твердых растворов.

25. Объясните причины повышения концентрации термодинамически равновесных вакансий при растворении элементов внедрения в металлах.

26. В чем заключается физическая природа высокой вязкости азотистых аустенитных сталей?

27. Объясните причину резкой температурной зависимости напряжения течения аустенитных сталей при низких температурах.

28. Почему азот повышает эффективность упрочнения границами зерен?

29. В чем заключается механизм псевдоскола высокоазотистых аустенитных сталей при ударном нагружении?

30. Объясните причины повышенного эффекта вторичной твердости при отпуске азотистых мартенситных сталей.

31. Как можно определить аморфное состояние вещества?

32. Назовите наиболее часто встречающиеся модели аморфного состояния.

33. В чем состоит уникальность механических свойств аморфных сплавов?

34. Чем отличаются аморфные сплавы от металлических стекол?

35. Назовите основные области применения аморфных сплавов.
36. Каковы основные побудительные мотивы для развития нанотехники и нанотехнологий?
37. Какими могут быть экономические и социальные последствия развития индустрии наноматериалов и нанотехнологий в целом?
38. Перечислите и кратко прокомментируйте основные группы причин специфического поведения нанообъектов и наноструктур.
39. Какова роль размеров и размерности наноструктур в формировании их свойств?
40. Каковы критерии отнесения объекта к категории «нано-»? Дайте свое определение понятию «наноматериалы».
41. Назовите и кратко охарактеризуйте основные классы наноматериалов.
42. В чем причины отличия компактных наноструктурированных материалов от традиционных?
43. Назовите и кратко охарактеризуйте основные способы производства объемных наноматериалов.
44. Чем отличается структура и свойства фуллеренов от графита и алмаза?
45. Что такое нанотрубки? Каковы их свойства и возможные области применения?
46. Что такое нанокомпозиты? Каковы их свойства и области применения?
47. Что такое нанопористые материалы? Каковы их свойства и области применения?
48. Назовите и прокомментируйте основные методы получения тонкопленочных структур и их свойства.
49. Назовите основные способы производства нанопорошков.
50. Что такое функциональные и интеллектуальные материалы?
51. Видите ли Вы место для развития и внедрения наноматериалов и нанотехнологий в промышленности? Прокомментируйте.
52. Какие направления нанотехнологий и наноматериаловедения кажутся Вам наиболее перспективными и почему?

**Таблица 5. Критерии оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена**

Критерий оценивания	Баллы
Обучающийся ответил на два вопроса в билете. Продemonстрировал знания по формируемым компетенциям в полном объеме (приводились доводы и объяснения). Знания освоения компетенции выявлены.	30 баллов
Обучающийся ответил частично на два вопроса в билете. Продemonстрировал знания по формируемым компетенциям частично. Постиг смысл изучаемого материала (может высказать вербально, четко и ясно, или конструировать новый смысл, новую позицию). Знания освоения компетенций выявлены частично.	15 баллов
Обучающийся не ответил на вопросы в билете. Не может согласовать свою позицию или действия относительно обсуждаемой тематики. Знания компетенции не выявлены.	0 баллов