Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра обработки металлов давлением и материаловедения ЕВРАЗ ЗСМК

УТВЕРЖДАЮ
Директор института металлургии и материаловедения
_____ А.А. Уманский
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Прочность и разрушение материалов

22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»
(направленность (профиль): «Материаловедение и технологии конструкционных и функциональных материалов (в)»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2026

Новокузнецк
2026

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: b74f1896a8e5f6d1b42349567b351e7a7b0d4c48
Владелец: Директор ИМиМ Уманский Александр Александрович
Действителен: с 8 июля 2025 г. по 1 октября 2026 г.
Дата и время: 09-04-2026 13:22:24 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– изучение наиболее важных механизмов упрочнения, являющихся теоретической основой современных технологий получения высокопрочных материалов, а также определяющих поведение этих материалов при эксплуатации;
– изучение основных видов и механизмов разрушения, влияющих на поведение материалов при эксплуатации.

Задачами учебной дисциплины являются:

– получение знаний о физических основах упрочнения и разрушения металлических материалов;
– формирование базовых представлений о границах применимости различных физических законов и моделей упрочнения и разрушения материалов, о методах упрочнения для конкретного класса материалов.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Материаловедение;
– Физическое металловедение.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Получение и свойства высокопрочных материалов;
– Методы исследования структуры материалов;
– Цветные сплавы с улучшенными свойствами.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемые результаты обучения
Применение фундаментальных знаний	ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной	ОПК-1.3 Понимает и применяет общеинженерные	– знать: основные законы и механизмы

	деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	знания в своей профессиональной деятельности	упрочнения металлических материалов, а также границы применимости этих механизмов; основные виды разрушения металлических материалов. – уметь: выбирать и использовать методы упрочнения для получения требуемого уровня прочности металлических материалов.
Применение прикладных знаний	ОПК-7: Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, в соответствии с действующими нормативными документами в соответствующей отрасли	ОПК-7.2 Применяет техническую документацию в практических целях	– знать: основные направления выбора материалов для изготовления изделий с уровнем прочностных свойств, соответствующим требованиям технической документации. – уметь: применять техническую документацию для установления причин снижения прочностных свойств материалов в процессе эксплуатации, а также причин их разрушения.

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том

числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		***ИТОГО***	***5 семестр***
Форма промежуточной аттестации			*экзамен*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***180***	*180*
	зачетных единиц	***5***	*5*
Лекции, *академ. час.*		***24***	*24*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***16***	*16*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***104***	*104*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***36***	*36*
в форме практической подготовки		***0***	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Прочность материалов;

Тема 1.1 Понятие о высокопрочном состоянии. Идеальная прочность (Виды прочности. Преимущества высокопрочных материалов Теоретическая прочность на отрыв и на сдвиг);

Тема 1.2 Нитевидные кристаллы и их прочность (Нитевидные кристаллы, особенности их строения и свойств);

Раздел 2 Механизмы упрочнения материалов;

Тема 2.1 Деформационное упрочнение металлов и сплавов (Деформационное упрочнение монокристаллов);

Тема 2.2 Зернограничное упрочнение (Механизмы зернограничного упрочнения, границы их применимости);

Тема 2.3 Упрочнение твердых растворов при легировании (Упрочнение при образовании твердых растворов замещения и внедрения. Теории твердорастворного упрочнения);

Тема 2.4 Упрочнение частицами вторых фаз (Упрочнение сплава за счет частиц вторых фаз. Дисперсионное и дисперсное упрочнение);

Раздел 3 Разрушение материалов;

Тема 3.1 Разрушение абсолютно хрупких твердых тел (Теория Гриффитса, ее значение);

Тема 3.2 Разрушение металлов и сплавов (Модифицированная теория Гриффитса. Виды разрушения. Признаки вязкого и хрупкого разрушения. Оценка трещиностойкости металлов и сплавов);

Тема 3.3 Вязкое разрушение (Переход от вязкого разрушения к хрупкому. Хладноломкость).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	Прочность материалов		
Тема 1.1.	Понятие о высокопрочном состоянии. Идеальная прочность	4	
Тема 1.2.	Нитевидные кристаллы и их прочность	2	
Раздел 2.	Механизмы упрочнения материалов		
Тема 2.1.	Деформационное упрочнение металлов и сплавов	2	
Тема 2.2.	Зернограничное упрочнение	2	
Тема 2.3.	Упрочнение твердых растворов при легировании	2	
Тема 2.4.	Упрочнение частицами вторых фаз	4	
Раздел 3.	Разрушение материалов		
Тема 3.1.	Разрушение абсолютно хрупких твердых тел	2	
Тема 3.2.	Разрушение металлов и сплавов	2	
Тема 3.3.	Вязкое разрушение	4	
Итого:		**24**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	Прочность материалов		
Тема 1.2.	Нитевидные кристаллы	4	
Раздел 2.	Механизмы упрочнения материалов		
Тема 2.1.	Деформационное упрочнение металлов	4	
Тема 2.2.	Влияние размера зерна на	4	

	прочность металлических сплавов		
Раздел 3.	Разрушение материалов		
Тема 3.2.	Фрактографические признаки вязкого и хрупкого разрушения	4	
Итого:		**16**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	**Темы лабораторных работ**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	**Темы курсовых работ (проектов)**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	**Виды самостоятельной работы**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	24	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	50	
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе;	30	

	3. Подготовка к практическому занятию.		
Контроль	*Подготовка к экзамену*	36	
Итого:		**140**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ОПК-1; ОПК-7	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Отчет о практической работе; 4. Тестовые задания
Раздел 2.	ОПК-1; ОПК-7	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Отчет о практической работе; 4. Тестовые задания
Раздел 3.	ОПК-1; ОПК-7	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Отчет о практической работе
Экзамен.	ОПК-1; ОПК-7	1. Вопросы к экзамену

11 Входной контроль

11.1 Цель входного контроля − определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – тестирование.

Длительность тестирования – 20 минут.

Тестирование проводится в течение первых двух недель изучения учебной дисциплины в СУО СибГИУ.

Для проведения тестирования используются тестовые задания для входного контроля (для ответа на 1 вопрос, как правило, выделяется 1 минута).

Шкала оценивания результатов тестирования

За каждый правильный ответ выставляется 1 балл. Оценка выставляется в зависимости от процента правильных ответов:

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Процент результативности (правильных ответов)	Оценка
86 до 100	«отлично»
от 67до 85	«хорошо»
от 50 до 66	«удовлетворительно»
менее 50	«неудовлетворительно»

Основываясь на результатах тестирования, формируется индивидуальная траектория обучающегося (группы обучающихся), исходя из следующих соображений:

– 86 – 100 % – обучающийся готов к изучению учебной дисциплины без дополнительного повторения изученного ранее материала;

– 50 – 67 % – обучающийся в целом готов к изучению учебной дисциплины, требуется повторение отдельных вопросов(тем) изученного ранее материала, необходимого для успешного освоения учебной дисциплины;

– 49% и менее – обучающийся имеет слабую подготовку к изучению учебной дисциплины, необходимы корректирующие занятия и консультации.

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.

12 Текущий контроль

12.1 Текущий контроль знаний используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО СибГИУ.

Формы проведения текущего контроля – вопросы для устного обсуждения (опроса); наблюдение за работой на практическом занятии; отчет о практической работе; тестовые задания.

12.2 Описание оценочных средств

Шкалы оценивания (методики оценки)

12.2.1 Рекомендации по оцениванию устных ответов обучающихся

С целью контроля и подготовки обучающихся к изучению новой темы в начале занятия лекционного типа (лекции) педагогическим работником проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущего раздела (темы).

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается умение грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся:

– полно и аргументированно отвечает по содержанию задания;

– обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные;

– излагает материал последовательно и правильно.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1 – 2 ошибки, которые сам же исправляет.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но:

– излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;

– не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;

– излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.

12.2.2 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО СибГИУ в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Максимальный балл	Проходной балл	Оценка
20	не менее 18	отлично
17	не менее 14	хорошо
13	не менее 10	удовлетворительно
9	–	неудовлетворительно

12.2.3 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники.	1,25
Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

12.2.4 Рекомендации по оцениванию отчета о практической работе

Оформление отчета о проделанной практической работе обучающиеся осуществляют в рамках самостоятельной работы.

Критерии оценки отчета о практической работе:

– правильность выполнения работы (учитывается полнота отчета о практической работе, наличие всех необходимых данных, наличие выводов, наличие ошибок и неточностей);

– аккуратность оформления отчета о практической работе.

Критерии оценки отчета о практической работе

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Отчет о практической работе содержит все необходимые данные и выводы.	2,5
Отчет о практической работе не содержит ошибок и неточностей.	1,25
Отчет о практической работе оформлен аккуратно.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.

13 Промежуточная аттестация

13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к экзамену.

13.2 Оценивание обучающегося на экзамене

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка

Оценка	Требования к знаниям
	«неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.

14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Арзамасов, Б.Н. Материаловедение / Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г. – Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 648 с. – ISBN 978-5-7038-1860-2. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703818602.html (дата обращения: 08.04.2026);

2 Рахматулин, Х. А. Прочность и разрушение при кратковременных нагрузках / Х. А. Рахматулин, Е. И. Шемякин, Ю. А. Демьянов, А. В. Звягин - Москва : Логос, 2017. - 624 с. - ISBN 978-5-98704-278. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN978598704278.html (дата обращения: 08.04.2026);

3 Солнцев, Ю. П. Хладостойкие стали и сплавы : учебник для вузов / Солнцев Ю. П. - Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2005. - 480 с. - ISBN 5-93808-101-7. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5938081017.html (дата обращения: 08.04.2026);

4 Гуляев, А.П. Металловедение : учебник для вузов / А.П. Гуляев, А.А. Гуляев. – 7-е изд, перераб. и доп. – Москва : Альянс, 2012. – 643 с. – ISBN 9785903034987.;

5 Ляхович, Л. С. Специальные стали : учебное пособие для вузов. – Минск : Вышэйшая школа, 1985. – 208 с.

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL:

http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 –]. – URL: https://umczdt.ru/books/. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

8 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Р7-Офис.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:
- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий), оснащенную учебной доской;
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов».

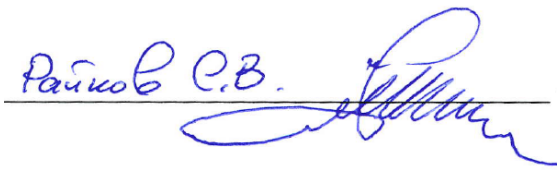
Составитель(и):

профессор Попова Марина Владимировна (кафедра обработки металлов давлением и материаловедения ЕВРАЗ ЗСМК).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:

Генеральный директор
ООО «ВЕСТ 2002», д.т.н., доцент
С.В. Райков



Приложение

1 Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся

Перечень тестовых заданий (примерно)

Выберите один правильный ответ.

1. Точечными дефектами кристаллической решетки являются
   а) поры
   б) вакансии
   в) дислокации
2. Линейными дефектами кристаллической решетки являются
   а) трещины
   б) дислокации
   в) вакансии
3. Для кристаллического состояния вещества характерно
   а) отсутствие порядка в расположении частиц
   б) наличие дальнего порядка в расположении частиц
   в) наличие только ближнего порядка в расположении частиц
4. Аморфные вещества имеют:
   а) только ближний порядок в расположении частиц
   б) дальний порядок в расположении частиц
   в) отсутствие порядка в расположении частиц
5. Наиболее плотноупакованная кристаллическая решетка металла
   а) кубическая гранецентрированная
   б) кубическая объемно-центрированная
   в) кубическая решетка типа алмаза
6. Количество атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку в ОЦК решетке
   а) 2
   б) 4
   в) 6
7. Количество атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку в ГПУ решетке
   а) 2
   б) 4
   в) 6
8. Количество атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку в ГЦК решетке
   а) 2
   б) 4
   в) 6
9. Расстояния (а, в, с) между центрами ближайших атомов в элементарной ячейке называют

а) плотностями упаковки
б) периодами решетки
в) координационными числами

10. При повышении температуры концентрация вакансий
а) возрастает
б) убывает
в) остается постоянной

11. Укажите, тип кристаллической решетки, не относящейся к основным типам кристаллической решетки металлов.
а) ГЦК;
б) ГПУ;
в) ОЦК;
г) ПК.

12. Укажите металл, кристаллическая решетка которого имеет тип ГЦК.
а) кадмий;
б) цинк;
в) алюминий;
г) никель.

13. Укажите металл, кристаллическая решетка которого имеет тип ОЦК.
а) хром;
б) медь;
в) алюминий;
г) цинк.

14. Для кристаллического состояния вещества характерны…
а) анизотропия свойств;
б) наличие только ближнего порядка в расположении частиц;
в) наличие дальнего порядка в расположении частиц.

15. Существование одного металла в нескольких кристаллических формах носит название:
а) полиморфизма;
б) анизотропии;
в) кристаллизации;

16. Способность материала сопротивляться разрушению под действием нагрузок называется …
а) ударной вязкостью;
б) прочностью;
в) твёрдостью.

17. Для веществ с металлической кристаллической решеткой характерны …
а) ионный тип химической связи, высокая плотность
б хрупкость, высокие температуры плавления
в) пластичность, хорошая электропроводность
г) низкая теплопроводность, высокая эластичность

18. Что является одним из признаков металлической связи?

а) скомпенсированность собственных моментов электронов

б) обобществление валентных электронов в объеме всего тела

в) направленность межатомных связей

г) высокая температура плавления

19. При повышении температуры концентрация вакансий…

а) возрастает

б) убывает

в) остается постоянной

20. Суммарная длина всех линий дислокаций в единице объема кристалла называется…

а) плотностью дислокаций

б) вектором Бюргерса

в) мерой искажения решетки

21. Дефект кристаллической решетки, представляющий собой край лишней полуплоскости – это…

а) граница зерна

б) краевая дислокация

в) граница блока

г) винтовая дислокация

22. Свойство металлических кристаллов, существенно зависящее от плотности дислокаций

а) электросопротивление

б) прочность

в) анизотропия

23. Мелкие кристаллы, не имеющие ярко выраженной многогранной кристаллической формы – это

а) зерна

б) дислокационные ячейки

в) субзерна

24. Характеристика кристаллической решетки, определяющая число атомов, находящихся на наименьшем равном расстоянии от данного атома, называется

а) параметром решетки

б) базисом решетки

в) координационным числом

25. Характеристика кристаллической решетки, равная отношению суммарного объема атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку, к объему элементарной ячейки, называется

а) параметром решетки

б) коэффициентом компактности

в) координационным числом

2 Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам учебной дисциплины

Раздел 1 Прочность материалов

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса (примерно):

1. Что такое идеальная прочность материалов?
2. Что такое конструкционная прочность материалов?
3. Как соотносятся между собой идеальная и реальная прочность?
4. Какие материалы называют высокопрочными?
5. В чем проявляются преимущества высокопрочных материалов?
6. Что такое «нитевидные кристаллы»?
7. Из каких веществ могут быть получены нитевидные кристаллы?
8. Какими основными свойствами характеризуются нитевидные кристаллы?
9. Какие существуют методы получения нитевидных кристаллов?
10. Какие особенности имеет механизм осаждения кристаллов из газовой фазы?
11. Какие процессы, согласно модели Сирса, происходят при росте усов?
12. По какому механизму происходит рост нитевидных кристаллов кремния?
13. В чем особенности трех стадий на кинетической кривой роста усов сапфира?
14. Каков характер зависимости между линейной скоростью роста v_{max} и радиусом R нитевидных кристаллов?
15. Как влияет температура на рост нитевидных кристаллов?
16. Как проявляется зависимость механических свойств нитевидных кристаллов от их размеров?
17. В чем причина зависимости механических свойств нитевидных кристаллов от их размеров?
18. В чем особенности температурной зависимости прочности усов сапфира?
19. Каков вид кривых напряжение–деформация нитевидных кристаллов?
20. Чем определяется характер разрушения?
21. Как влияет легирование на прочность нитевидных кристаллов разного размера?

22. Каковы особенности дислокационного строения нитевидных кристаллов? Какими методами его можно изучать?
23. От чего зависит степень совершенства структуры нитевидных кристаллов?
24. В чем проявляется научное значение нитевидных кристаллов?
25. Как нитевидные кристаллы используются в технике?

Раздел 2 Механизмы упрочнения материалов
1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса (примерно):

1. Что такое наклеп?
2. Какими причинами вызывается деформационное упрочнение?
3. В чем состоит деформация скольжением?
4. Что входит в понятие «система скольжения»?
5. При каком условии начинается скольжение в монокристалле? Как называется этот закон?
6. Чему равно критическое приведенное напряжение сдвига для скольжения в монокристаллах? Какие максимальное и минимальное значения оно имеет?
7. Что такое фактор Шмида?
8. Почему по плоскостям легкого скольжения сдвиг происходит наиболее легко?
9. Какие стадии выделяют на кривой напряжение-деформация для монокристаллов ГЦК-металлов?
10. Как влияет величина энергии дефекта упаковки на развитие всех стадий упрочнения ГЦК-металлов?
11. Почему в кубических кристаллах быстро наступает стадия множественного скольжения?
12. Какие особенности поликристаллов, влияют на их деформационное упрочнение?
13. Почему деформация в поликристаллическом материале происходит неоднородно?
14. Чем объясняется более интенсивное упрочнение поликристаллов по сравнению с монокристаллами?
15. В чем заключается закон Шмида-Боаса?
16. Что такое ориентационный фактор?
17. Какие два условия пластичности поликристаллов необходимы для развития пластической деформации?
18. От чего зависит интенсивность упрочнения поликристаллов?

19. От каких факторов зависит характер упрочнения при пластической деформации металлического образца?
20. Как можно количественно определить упрочнение металла в процессе пластической деформации, зная плотность дислокаций?
21. Какую природу имеют границы зерен?
22. Как образуются малоугловые границы наклона и кручения?
23. Как можно оценить энергию большеугловой границы?
24. Что определяет формула Рида и Шокли?
25. Как влияют границы зерен на прочность поликристаллов?
26. Какие существуют механизмы зернограничного упрочнения поликристаллов?

Раздел 3 Разрушение материалов

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса (примерно):

1. Что такое разрушение?
2. Приведите классификацию типов разрушения.
3. Какие факторы влияют на тип разрушения?
4. Какие виды разрушения различают по величине предшествующей пластической деформации?
5. Какое разрушение называют квазихрупким?
6. В чем различия разрушения сдвигом и разрушения отрывом?
7. Чем отличается транскристаллитное разрушение от интеркристаллитного?
8. По какой траектории распространяется трещина в случае транскристаллитного и интеркристаллитного разрушения?
9. Что такое излом?
10. В чем заключается метод фрактографии?
11. Какую важную особенность имеет фрактографический метод?
12. Какие аспекты материаловедения необходимо знать, чтобы квалифицированно проводить диагностику разрушения?
13. Какие фрактографические признаки характерны для хрупкого разрушения металлов?
14. Какие фрактографические признаки характерны для вязкого разрушения металлов?
15. Какое разрушение характеризуется на фрактограмме ручьистым изломом и почему?
16. Какое разрушение характеризуется на фрактограмме чашечным изломом и почему?

17. Как характеристики разрушения связаны с типом кристаллической решетки материалов?
18. Почему для конструкционных материалов недопустимо хрупкое разрушение?
19. Какова роль пластической деформации в процессе разрушения металлических материалов?
20. В чем значение теории Гриффитса?
21. Какой параметр материала можно оценить по величине напряжения Гриффитса?
22. Что такое принцип безопасного повреждения?
23. Чем напряжение Орована отличается от напряжения Гриффитса?
24. Как классифицируют микротрещины?
25. Какие дислокационные модели зарождения трещин Вы знаете?
26. В какой последовательности проводят исследование поверхности разрушения при помощи РЭМ?

3 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО СибГИУ.

Раздел 1 Прочность материалов

Перечень вопросов для тестирования (примерно):

1. Выберите правильное определение прочности:
   1) способность материала сопротивляться действию внешних сил без разрушения
   2) способность материала восстанавливать первоначальную форму и размер после прекращения действия внешних сил
   3) способность материала оказывать сопротивление проникновению в него другого, более твердого тела
2. Выберите правильное определение пластичности:
   1) способность материала сопротивляться действию внешних сил без разрушения
   2) способность материала изменять свою форму и размеры под действием внешних сил
   3) способность материала восстанавливать первоначальную форму и размер после прекращения действия внешних сил

3. Механизм зарождения дислокаций в металлических кристаллах под действием внешних напряжений, приводящий к увеличению плотности дислокаций в плоскости скольжения

1) размножение из источника Франка-Рида
2) размножение при многократном поперечном скольжении
3) размножение по спиральному механизму

4. Напряжение, необходимое для перемещения в совершенном кристалле единственной прямолинейной дислокации, называется

1) Напряжение Франка-Рида
2) Напряжение Пайерлса
3) Напряжение Холла-Петча

5. Механизм зарождения дислокаций в металлических кристаллах под действием внешних напряжений, приводящий к увеличению плотности дислокаций в объеме кристалла

1) размножение из источника Франка-Рида
2) размножение при многократном поперечном скольжении
3) размножение по спиральному механизму

6. Напряжение, при котором отрезок дислокационной линии, закрепленный двумя тройными узлами, начинает изгибаться и порождать множество дислокационных петель, называется

1) Напряжение Пайерлса
2) Напряжение Холла-Петча
3) Напряжение Франка-Рида

7. В связи с тем, что металлическая связь – ненаправленная, напряжение Пайерлса-Набарро у металлов

1) меньше, чем у ковалентных кристаллов
2) больше, чем у ковалентных кристаллов
3) такое же, как у ковалентных кристаллов

8. Наименьшее значение напряжения Пайерлса-Набарро характерно для кристаллов

1) с ионным типом связи
2) с ковалентным типом связи
3) с металлическим типом связи

9. При взаимодействии дислокаций, движущихся в пересекающихся плоскостях, образуются

1) дефекты упаковки
2) ступеньки и перегибы
3) дислокационные стенки

10. При взаимодействии краевых дислокаций разных знаков, движущихся в параллельных плоскостях, образуются

1) дефекты упаковки
2) дислокационные диполи
3) дислокационные стенки

11. Дефект упаковки – это

1) дислокационная конфигурация, содержащая пару тройных узлов, соединенных дислокацией, образовавшейся в результате реакции
2) локальное изменение расположения плотноупакованных плоскостей
3) расположенные в параллельных плоскостях скольжения две краевые дислокации разных знаков, являющиеся частями одной дислокационной петли.

12. Конфигурация из двух частичных дислокаций и дефекта упаковки между ними называется
1) расщепленная дислокация
2) скользящая дислокация
3) сидячая дислокация

13. Если в металле имеются широко расщепленные дислокации ($d_0 \sim nb$), то поперечное скольжение дислокаций
1) начинается при малых деформирующих напряжениях и низких температурах
2) начинается при больших деформирующих напряжениях и высоких температурах
3) вообще не наблюдается

14. Сколько систем легкого скольжения существует в металлах с гцк-решеткой
1) 12
2) 24
3) 36

15. Дислокационный диполь – это
1) дислокационная конфигурация, содержащая пару тройных узлов, соединенных дислокацией, образовавшейся в результате реакции
2) локальное изменение расположения плотноупакованных плоскостей
3) расположенные в параллельных плоскостях скольжения две краевые дислокации разных знаков, являющиеся частями одной дислокационной петли.

16. Сколько систем легкого скольжения существует в металлах с оцк-решеткой
1) 12
2) 24
3) 36

17. Какая из стадий кривой деформационного упрочнения монокристаллов гцк-металлов характеризуется максимальным коэффициентом упрочнения θ?
1) стадия легкого скольжения
2) стадия множественного скольжения
3) стадия динамического возврата

18. На какой из стадий кривой деформационного упрочнения монокристаллов гцк-металлов происходит частичное разрушение дислокационных барьеров?

1) стадия легкого скольжения
2) стадия множественного скольжения
3) стадия динамического возврата

19. Почему у монокристаллов ОЦК-металлов критическое напряжение сдвига τ_0 значительно выше, чем у металлов с гцк-решеткой?

1) у оцк-металлов выше энергия дефекта упаковки
2) у оцк-металлов выше напряжение Пайерлса
3) у оцк-металлов больше систем легкого скольжения

20. При пластической деформации металла плотность дислокаций

1) сначала уменьшается, потом увеличивается
2) увеличивается
3) уменьшается
4) не изменяется

21. Почему у монокристаллов ГЦК-металлов критическое напряжение сдвига τ_0 значительно ниже, чем у металлов с оцк-решеткой?

1) у гцк-металлов ниже энергия дефекта упаковки
2) у гцк-металлов ниже напряжение Пайерлса
3) у гцк-металлов меньше систем легкого скольжения

22. Какой из механизмов перемещения дислокаций в металлическом кристалле требует максимальной термической активации

1) консервативное скольжение
2) переползание
3) многократное поперечное скольжение

23. Упрочнение металла в процессе холодной пластической деформации (наклеп) объясняется

1) уменьшением числа дефектов кристаллического строения
2) перераспределением дефектов кристаллического строения
3) увеличением числа дефектов кристаллического строения

24. Пластичность металлов определяется количеством

1) благоприятно ориентированных плоскостей скольжения
2) пар вакансия – растворенный атом
3) дефектов упаковки

25. При нагреве деформированного металла до температуры рекристаллизации плотность дислокаций в нем

1) уменьшается
2) увеличивается
3) не изменяется

Раздел 2 Механизмы упрочнения материалов

Перечень вопросов для тестирования (примерно):

1. Какая из стадий кривой деформационного упрочнения монокристаллов гцк-металлов характеризуется максимальным коэффициентом упрочнения θ?

1) стадия легкого скольжения
2) стадия множественного скольжения
3) стадия динамического возврата

2. На какой из стадий кривой деформационного упрочнения монокристаллов гцк-металлов происходит частичное разрушение дислокационных барьеров?

1) стадия легкого скольжения
2) стадия множественного скольжения
3) стадия динамического возврата

3. Почему у монокристаллов оцк-металлов критическое напряжение сдвига τ_0 значительно выше, чем у металлов с гцк-решеткой?

1) у оцк-металлов выше энергия дефекта упаковки
2) у оцк-металлов выше напряжение Пайерлса
3) у оцк-металлов больше систем легкого скольжения

4. Зависимость напряжения сдвига от плотности дислокаций имеет вид:

1) $\tau = \tau_0 + \alpha G b \cdot \sqrt{\rho}$
2) $\tau = \tau_0 - \alpha G b \cdot \sqrt{\rho}$
3) $\tau = \tau_0 + \alpha G b / \sqrt{\rho}$

5. Почему у монокристаллов гцк-металлов критическое напряжение сдвига τ_0 значительно ниже, чем у металлов с оцк-решеткой?

1) у гцк-металлов ниже энергия дефекта упаковки
2) у гцк-металлов ниже напряжение Пайерлса
3) у гцк-металлов меньше систем легкого скольжения

6. В какой последовательности включаются 3 механизма зернограничного упрочнения с увеличением внешних напряжений?

1) Накопление и испускание дислокаций границей → Проникновение дислокаций через границу зерна → Передача сдвига
2) Проникновение дислокаций через границу зерна → Накопление и испускание дислокаций границей → Передача сдвига
3) Передача сдвига → Накопление и испускание дислокаций границей → Проникновение дислокаций через границу зерна

7. Закон Холла-Петча, отражающий зависимость деформирующего напряжения от размеров зерна металла или сплава, имеет вид

1) $\sigma = \sigma_0 + k_y \, 1/\sqrt{d}$
2) $\sigma = \sigma_0 - k_y \, 1/\sqrt{d}$
3) $\sigma = \sigma_0 + k \cdot l^{-m}$

8. Какой физический смысл имеет коэффициент Петча?

1) это коэффициент, учитывающий вклад зернограничного и субструктурного упрочнения
2) это коэффициент, зависящий от характера распространения деформации через границы зерен в материале

3) это коэффициент, учитывающий вклад субструктурного упрочнения

9. Какие элементы субструктуры вносят больший вклад в упрочнение при размерах менее 0,4 мкм?

1) Зерна
2) Субзерна
3) Ячейки.

10. Модифицированное уравнение Холла-Петча, учитывающее вклад субструктуры в зернограничное упрочнение, имеет вид

1) $\sigma = \sigma_0 + k_y 1/\sqrt{d}$
2) $\sigma = \sigma_0 - k_y 1/\sqrt{d}$
3) $\sigma = \sigma_0 + k \cdot l^{-m}$

11. Почему мелкозернистые материалы при деформации упрочняются больше, чем мелкозернистые?

1) образуется дислокационная конфигурация, содержащая пару тройных узлов, соединенных дислокацией
2) с уменьшением размера зерна происходит локальное изменение расположения плотноупакованных плоскостей
3) с уменьшением размера зерна сдерживающее влияние границ зерен охватывает весь объем зерна.

12. При пластической деформации металла плотность дислокаций

1) сначала уменьшается, потом увеличивается
2) увеличивается
3) не изменяется

13. При нагреве деформированного металла до температуры рекристаллизации плотность дислокаций в нем

1) уменьшается
2) увеличивается
3) не изменяется

14. Упрочнение металла в процессе холодной пластической деформации (наклеп) объясняется

1) уменьшением числа дефектов кристаллического строения
2) перераспределением дефектов кристаллического строения
3) увеличением числа дефектов кристаллического строения

15. Пластичность металлов определяется количеством

1) благоприятно ориентированных плоскостей скольжения
2) пар вакансия – растворенный атом
3) дефектов упаковки

16. Какое движение дислокации в кристаллической решетке называют скольжением?

1) движение краевых дислокаций по нормали к плоскости скольжения, путем присоединения или отрыва вакансий от края экстраплоскости
2) движение дислокации в собственной плоскости скольжения в направлении, задаваемом вектора сдвига

3) движение дислокации в собственной плоскости скольжения в направлении, перпендикулярном вектору сдвига

17. Движение краевых дислокаций по нормали к плоскости скольжения за счет отрыва или присоединения атомов от края лишней полуплоскости называется

1) Скольжение
2) Переползание
3) Перерезание

18. Какое движение дислокации в кристаллической решетке называют переползанием?

1) движение краевых дислокаций по нормали к плоскости скольжения, путем присоединения или отрыва вакансий от края экстраплоскости
2) движение дислокации в собственной плоскости скольжения в направлении, задаваемом вектора сдвига
3) движение дислокации в собственной плоскости скольжения в направлении, перпендикулярном вектору сдвига

19. Какой из механизмов перемещения дислокаций в металлическом кристалле требует минимальной термической активации

1) консервативное скольжение
2) переползание
3) многократное поперечное скольжение

20. Многократное поперечное скольжение дислокаций способствует упрочнению металлических кристаллов, т.к.

1) при пересечении дислокаций на них образуются ступеньки и перегибы, что увеличивает длину дислокационной линии
2) при пересечении дислокаций на них образуются дислокационные диполи
3) при пересечении дислокаций происходит локальное изменение расположения плотноупакованных плоскостей

21. Какой из механизмов перемещения дислокаций в металлическом кристалле требует максимальной термической активации

1) консервативное скольжение
2) переползание
3) многократное поперечное скольжение

22. Какая зависимость существует между размером зерна и пределом текучести материала

1) зависимости нет
2) мельче зерно – ниже предел
3) мельче зерно – выше предел

23. Возникновение трещин при разрушении происходит при развитии процесса

1) скопления вакансий
2) скопления дислокаций
3) полигонизации

24. Образование в сплаве твердых растворов какого типа обеспечивает его максимальное упрочнение при сравнимых концентрациях легирующего элемента?

1) твердых растворов замещения
2) твердых растворов внедрения
3) твердых растворов вычитания

25. Каким образом упрочнение сплавов некогерентными частицами вторых фаз зависит от расстояния между частицами в матрице?

1) величина упрочнения прямо пропорциональна расстоянию между частицами
2) величина упрочнения обратно пропорциональна квадрату расстояния между частицами
3) величина упрочнения обратно пропорциональна расстоянию между частицами

4 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

5 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

26. Прочность теоретическая и реальная, причины их различия.
27. Особенности химического строения и характерные свойства наиболее прочных материалов.
28. Нитевидные кристаллы, особенности их структуры и свойств.
29. Причины высокой прочности нитевидных кристаллов.
30. Схема действия источника Франка-Рида. Напряжение Франка-Рида.
31. Барьер Пайерлса, его зависимость от типа межатомной связи и от кристаллографического направления.
32. Особенности движения дислокаций в плотноупакованных структурах.
33. Деформационное упрочнение монокристаллов металлов с различными типами кристаллических решеток.
34. Связь коэффициентов упрочнения поликристалла и монокристалла. Интенсивность упрочнения поликристаллов.
35. Граница зерна как барьер для движущихся дислокаций. Деформация поликристаллов с мелкими и крупными зернами.
36. Механизмы зернограничного упрочнения поликристаллов. Закон Холла-Петча.
37. Коэффициент Петча, его физический смысл. Зависимость коэффициента Петча от температуры и степени деформации.
38. Субструктурное упрочнение. Модифицированное уравнение Холла-Петча, учитывающее вклад субструктуры в упрочнение.

39. Методы измельчения зерна. Способы получения нанокристаллических материалов.
40. Упрочнение при образовании твердых растворов замещения.
41. Деформация кристаллов твердых растворов замещения.
42. Упрочнение при образовании твердых растворов внедрения.
43. Общая причина упрочнения сплава при наличии частиц вторых фаз: особенности движения дислокаций в материале с гетерогенной структурой.
44. Вид кривых напряжение-деформация для стареющих сплавов с когерентными и некогерентными частицами.
45. Разрушение. Виды разрушения.
46. Теория Гриффитса, ее значение. Напряжение Гриффитса. Теория Гриффитса для металлов.
47. Стадия зарождения трещины: классификация микротрещин. Этапы распространения трещины: дислокационные модели, скорость и характер распространения.
48. Вязкое разрушение. Три стадии вязкого разрушения.
49. Температура вязко-хрупкого перехода (Твп), методы ее определения. Факторы, влияющие на величину Твп.
50. Хладноломкость, порог хладноломкости. Направления борьбы с хладноломкостью.