

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Автомобильное отделение



Утверждаю

Первый заместитель директора  
НЧИ КФУ Симонова Л. А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

### Физические основы пластической деформации

Направление подготовки: 15.04.01 - Машиностроение

Профиль подготовки: Машины и технология литейного производства

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
- 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Шibaков В.Г. (Кафедра машиностроения, Автомобильное отделение), VIGShibakov@kpfu.ru Шibaков P.B.

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-12	способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений в области профессиональной деятельности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- механизмы разупрочняющих процессов, протекающих под действием высоких температур;
- физическую природу разрушения, дислокационные модели разрушения;
- механизмы образования текстур деформации в зависимости от способа обработки и исходной структуры;
- дислокационные теории пластического деформирования и разрушения;

Должен уметь:

- различать кристаллографические текстуры, которые образуются в результате пластической деформации при прокатке, волочении, осадке, протяжке, комбинированных процессах пластической деформации;
- находить количественные показатели деформируемости для различных технологических процессов;
- определять температурные границы нагрева под пластическую деформацию различных сплавов;
- понимать атомно-кристаллические механизмы пластической деформации и природу факторов, влияющих на

них;

Должен владеть:

- навыками назначения термомеханических режимов обработки сталей и сплавов пластической деформацией.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.1 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 15.04.01 "Машиностроение (Машины и технология литейного производства)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 2 курсе в 3, 4 семестрах.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 44 часа(ов), в том числе лекции - 12 часа(ов), практические занятия - 32 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 136 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 семестре; экзамен в 4 семестре.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение в дислокационную теорию.	3	2	4	0	20
2.	Тема 2. Методы исследования процессов ОМД. Трение в процессах обработки металлов давлением	3	2	5	0	20
3.	Тема 3. Механизмы пластической деформации.	3	2	3	0	14
4.	Тема 4. Теория деформационного упрочнения.	4	2	5	0	20
5.	Тема 5. Разупрочняющие процессы при горячей пластической деформации	4	2	10	0	41
6.	Тема 6. Сопротивление деформации. Дислокационная теория разрушения.	4	2	5	0	21
	Итого		12	32	0	136

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Введение в дислокационную теорию.

Физическая природа пластической деформации. Факторы, влияющие на пластичность металлов и сплавов. Классификация пластической деформации по температурному признаку: холодная, теплая, полугорячая и горячая пластическая деформация. Обобщенная диаграмма пластичности. Схема деформации скольжением краевой дислокации.

###### Тема 2. Методы исследования процессов ОМД. Трение в процессах обработки металлов давлением

Экспериментальные методы определения усилий деформации. общая характеристика экспериментальных методов определения усилий, напряжений и деформаций, метод измерения твердости. Тензометрия. метод координатных сеток. Понятие и виды внешнего трения при обработке металлов давлением. Законы трения и области их применения.

###### Тема 3. Механизмы пластической деформации.

Механизмы пластической деформации, реализуемые в холодном и горячем состоянии. Механизм скольжения, системы скольжения. Зависимость скольжения от кристаллического строения металлов и сплавов от внешних факторов. Механизм двойникования, диффузионный механизм пластичности. Понятие о ползучести.

###### Тема 4. Теория деформационного упрочнения.

Упрочнение металлов и сплавов при пластической деформации. Дислокационные механизмы упрочнения. Дефекты кристаллического строения металлов и сплавов. Генерирование дислокаций, Взаимодействие точечных дефектов и дислокаций, накопление дислокаций, дислокационные петли, "сидячие дислокации", "лес дислокаций". Эффект барьерного упрочнения. Эффект мультискольжения. Показатель упрочнения.

###### Тема 5. Разупрочняющие процессы при горячей пластической деформации

Горячая пластическая деформация. Механизмы горячей пластической деформации. Диффузионный механизм пластичности. Влияние температуры и других факторов на пластичность металлов и сплавов. Разупрочняющие процессы при горячей пластической деформации. Возврат (отдых). Механизм возврата. Технологии обработки металлов и сплавов при температурах возврата. Понятие о полигонизации. Дислокационный механизм полигонизации. Структура и свойства металлов и сплавов при полугорячей пластической деформации. Первичная, собирательная и динамическая рекристаллизация. Механизмы рекристаллизации. Механизмы образования центров (зародышей) рекристаллизации. Скорость рекристаллизации. Полное разупрочнение. Структура и свойства металлов и сплавов после рекристаллизации. Диаграммы рекристаллизации

###### Тема 6. Сопротивление деформации. Дислокационная теория разрушения.

Обобщенная диаграмма напряжение - деформация. Влияние температурно-скоростного режима деформации на вид диаграммы. Горячая, полугорячая, теплая, холодная пластическая деформация. Предельные состояния. Диаграммы с аномалиями. Разрушение при пластической деформации. Виды разрушения. Хрупкое и вязкое разрушение. Дислокационная теория хрупкого разрушения. Механизмы хрупкого разрушения. Теория Тейлора, механизм Котрелла, разрыв дислокационной стенки и др. Переход от вязкого разрушения к хрупкому. Порог хладноломкости. Влияние хладноломкости на прочность металлических изделий. Механизм вязкого(пластического) разрушения. Влияние гидростатического давления на разрушение и пластичность.

### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

### 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

#### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 3</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Устный опрос	ПК-12	1. Введение в дислокационную теорию. 2. Методы исследования процессов ОМД. Трение в процессах обработки металлов давлением 3. Механизмы пластической деформации.
2	Презентация	ПК-12	1. Введение в дислокационную теорию. 2. Методы исследования процессов ОМД. Трение в процессах обработки металлов давлением 3. Механизмы пластической деформации.
3	Контрольная работа	ПК-12	1. Введение в дислокационную теорию. 2. Методы исследования процессов ОМД. Трение в процессах обработки металлов давлением 3. Механизмы пластической деформации.
	<b>Зачет</b>	ПК-12	
<b>Семестр 4</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Устный опрос	ПК-12	4. Теория деформационного упрочнения. 5. Разупрочняющие процессы при горячей пластической деформации 6. Сопротивление деформации. Дислокационная теория разрушения.
2	Презентация	ПК-12	4. Теория деформационного упрочнения. 5. Разупрочняющие процессы при горячей пластической деформации 6. Сопротивление деформации. Дислокационная теория разрушения.

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
3	Контрольная работа	ПК-12	4. Теория деформационного упрочнения. 5. Разупрочняющие процессы при горячей пластической деформации 6. Сопротивление деформации. Дислокационная теория разрушения.
	<b>Экзамен</b>	ПК-12	

**6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 3</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1
Презентация	Превосходный уровень владения материалом. Высокий уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения полностью соответствуют задачам презентации. Используются надлежащие источники и методы.	Хороший уровень владения материалом. Средний уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения в основном соответствуют задачам презентации. Используются источники и методы в основном соответствуют поставленным задачам.	Удовлетворительный уровень владения материалом. Низкий уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения слабо соответствуют задачам презентации. Используются источники и методы частично соответствуют поставленным задачам.	Неудовлетворительный уровень владения материалом. Неудовлетворительный уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения не соответствуют задачам презентации. Используются источники и методы не соответствуют поставленным задачам.	2
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
	<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>		

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		
<b>Семестр 4</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1
Презентация	Превосходный уровень владения материалом. Высокий уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения полностью соответствуют задачам презентации. Используются надлежащие источники и методы.	Хороший уровень владения материалом. Средний уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения в основном соответствуют задачам презентации. Используются источники и методы в основном соответствуют поставленным задачам.	Удовлетворительный уровень владения материалом. Низкий уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения слабо соответствуют задачам презентации. Используются источники и методы частично соответствуют поставленным задачам.	Неудовлетворительный уровень владения материалом. Неудовлетворительный уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения не соответствуют задачам презентации. Используются источники и методы не соответствуют поставленным задачам.	2
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

**6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Семестр 3**

**Текущий контроль**

**1. Устный опрос**

Темы 1, 2, 3

Устный опрос

1. Расскажите о механизме деформации скольжением
2. Расскажите о механизме деформации двойникованием.
3. Что такое сбросообразование и ротационный сдвиг?
4. В чем заключается эффект барьерного упрочнения?
5. В чем заключается эффект мультискольжения?
6. Расскажите про показатель упрочнения.
7. Что такое полигонизация?
8. Термическая и атермическая пластичность
9. При каких условиях происходит полное разупрочнение?
10. Какие отличительные особенности у горячей, полугорячей, теплой, холодной пластической деформации
11. Что такое гидростатическое давление?
12. Приведите пример реализации гидростатического давления в ОМД.
13. Сформулируйте закон трения Куллона.
14. Сформулируйте закон трения Зибеля.
15. Сформулируйте закон трения Ливанова.
16. Как проявляется трение при осадке цилиндрических образцов.

**2. Презентация**

Темы 1, 2, 3

Оцениваются владение материалом по теме презентации, логичность, информативность, способы представления информации, решение поставленных задач.

Список тем докладов презентации:

#### Темы презентаций

1. Роль внешнего трения при обработке металлов давлением. 2. Гипотезы трения.
3. Влияние различных факторов на коэффициент трения.
4. Смазка, назначение, требования, предъявляемые к смазке.
5. Определение коэффициента внешнего трения.
6. Разрушение при обработке давлением.
7. Деформируемость и ресурс пластичности при ОМД.
8. Степень использования ресурса пластичности
9. Восстановление ресурса пластичности при термообработке.
10. Диаграмма пластичности

### 3. Контрольная работа

#### Темы 1, 2, 3

Контрольная работа выполняется в виде реферативного обзора технической литературы.

Целью контрольной работы является, с одной стороны, углубление знаний студентом по одной из проблем или тем курса, а, с другой стороны, приобретение навыков самостоятельной работы с научной литературой, навыков анализа и сравнения фактов, событий, процессов, выработки собственного мнения и отношения к проблеме. Особое внимание следует уделить обзору публикаций из журналов действующего перечня ВАК, журналов цитируемых в международных базах Scopus и Web of Science, а также открытых реестров Роспатента (ссылка на приведена в пункте 8 настоящей программе дисциплины).

Контрольная работа оформляется в виде пояснительной записки. Объём пояснительной записки - 15?20 стр. рукописного текста или 10-15 стр. компьютерного набора. Формат бумаги А4 ? 210 x 297 мм. Поля: сверху - 2 см, слева - 2,4 см, внизу - 1,6 см, справа - 1,6 см. Шрифт набора текста должен быть 12-14 пунктов. Межстрочный интервал одинарный. Текст должен иллюстрироваться схемами, графиками, рисунками, таблицами. Рисунки могут

быть начерчены вручную, ксерокопированы и вклеены или сканированы. Подписи должны располагаться под рисунком! Нумерация рисунков сквозная. К работе должен быть сделан список использованной

литературы (3-5 наименований).

Темы контрольных работ:

1. Предельные состояния металла.
2. Напряженное состояние в точке деформируемого тела, нормальные и касательные напряжения.
3. Главные нормальные и главные касательные напряжения.
4. Тензорный метод в теории обработки металлов давлением.
5. Деформированное состояние металла, компоненты деформаций, тензор деформаций.
6. Упрочнение и разрушение монокристаллов.
7. Механизмы деформирования поликристаллов при комнатной и повышенных температурах.
8. Остаточные напряжения, их роль в обработке металлов давлением и при эксплуатации изделий.
9. Основные методы определения остаточных напряжений.
10. Основные законы упруго-пластических деформаций.

### Зачет

Вопросы к зачету:

1. Точечные и линейные дефекты кристаллов. Понятие дислокации. Винтовые и краевые дислокации. Положение в кристаллах. Плотность дислокаций, движение дислокаций
2. Виды движения дислокаций. Переползание дислокаций. Взаимодействие дислокаций между собой и с точечными дефектами
3. Дислокационные модели пластической деформации. Скольжение дислокаций, двойникование дислокаций, условия образования деформационных двойников.
4. Факторы, определяющие скорость движения и торможение дислокаций
5. Методы исследования полей дислокаций
6. Сопротивление деформации. Связь между напряжениями и деформациями в упругой и пластической области.
7. Изменение механических характеристик материалов в результате упрочнения материала. Влияние упрочнения на пластические свойства металлов и сплавов
8. Дислокационные модели упрочнения.
9. Показатель упрочнения. Прогнозирование степени упрочнения при различных видах пластической деформации
10. Кривые упрочнения и их практическое использование
11. Виды пластической деформации: холодная, ?тёплая?, полугорячая, горячая. Температурно-скоростные условия процессов.
12. Влияние температуры обработки на пластические свойства материалов.
13. Влияние скорости деформации на пластичность и прочность изделий.
14. Влияние структурного и фазового состояния сплава на пластичность.

15. Методы экспериментальных исследований тепловых полей. Выбор оптимальных температур нагрева под пластическую деформацию.
16. Разупрочнение металлов и сплавов при горячей пластической деформации.
17. Рекристаллизация. Температуры начала рекристаллизации для чистых металлов и сплавов
18. Первичная, собирательная, динамическая и статическая рекристаллизация.
19. Механизмы образования центров (зародышей) рекристаллизации. Факторы влияния на скорость рекристаллизации в процессах обработки давлением
20. Изменение структуры и свойств металлов в результате рекристаллизации
21. Ресурс пластичности материалов. Предельная степень деформации
22. Механизмы хрупкого и вязкого разрушения
23. Дислокационные модели разрушения
24. Обобщенная диаграмма пластичности. Граничные условия.
25. Внутренние и внешние факторы влияния на разрушение металлов и сплавов при пластической деформации.

#### **Семестр 4**

#### **Текущий контроль**

##### **1. Устный опрос**

Темы 4, 5, 6

Устный опрос

1. Расскажите о механизме деформации скольжением
2. Расскажите о механизме деформации двойникованием.
3. Что такое сбросообразование и ротационный сдвиг?
4. В чем заключается эффект барьерного упрочнения?
5. В чем заключается эффект мультискольжения?
6. Расскажите про показатель упрочнения.
7. Что такое полигонизация?
8. Термическая и атермическая пластичность
9. При каких условиях происходит полное разупрочнение?
10. Какие отличительные особенности у горячей, полугорячей, теплой, холодной пластической деформации
11. Что такое гидростатическое давление?
12. Приведите пример реализации гидростатического давления в ОМД.
13. Сформулируйте закон трения Куллона.
14. Сформулируйте закон трения Зибеля.
15. Сформулируйте закон трения Ливанова.
16. Как проявляется трение при осадке цилиндрических образцов.

##### **2. Презентация**

Темы 4, 5, 6

Оцениваются владение материалом по теме презентации, логичность, информативность, способы представления информации, решение поставленных задач.

Список тем докладов презентации:

Темы презентаций

1. Роль внешнего трения при обработке металлов давлением. 2. Гипотезы трения.
3. Влияние различных факторов на коэффициент трения.
4. Смазка, назначение, требования, предъявляемые к смазке.
5. Определение коэффициента внешнего трения.
6. Разрушение при обработке давлением.
7. Деформируемость и ресурс пластичности при ОМД.
8. Степень использования ресурса пластичности
9. Восстановление ресурса пластичности при термообработке.
10. Диаграмма пластичности

##### **3. Контрольная работа**

Темы 4, 5, 6

Контрольная работа выполняется в виде реферативного обзора технической литературы.

Целью контрольной работы является, с одной стороны, углубление знаний студентом по одной из проблем или тем курса, а, с другой стороны, приобретение навыков самостоятельной работы с научной литературой, навыков анализа и сравнения фактов, событий, процессов, выработки собственного мнения и отношения к проблеме. Особое внимание следует уделить обзору публикаций из журналов действующего перечня ВАК, журналов цитируемых в международных базах Scopus и Web of Science, а также открытых реестров Роспатента (ссылка на приведена в пункте 8 настоящей программе дисциплины).

Контрольная работа оформляется в виде пояснительной записки. Объем пояснительной записки - 15?20 стр. рукописного текста или 10-15 стр. компьютерного набора. Формат бумаги А4 ? 210 x 297 мм. Поля: сверху - 2 см,

слева - 2,4 см, внизу - 1,6 см, справа - 1,6 см. Шрифт набора текста должен быть 12-14 пунктов. Межстрочный интервал одинарный. Текст должен иллюстрироваться схемами, графиками, рисунками, таблицами. Рисунки могут

быть начерчены вручную, ксерокопированы и вклеены или сканированы. Подрисовочная подпись должна располагаться под рисунком! Нумерация рисунков сквозная. К работе должен быть сделан список использованной

литературы (3-5 наименований).

Темы контрольных работ:

1. Пределные состояния металла.
2. Напряженное состояние в точке деформируемого тела, нормальные и касательные напряжения.
3. Главные нормальные и главные касательные напряжения.
4. Тензорный метод в теории обработки металлов давлением.
5. Деформированное состояние металла, компоненты деформаций, тензор деформаций.
6. Упрочнение и разрушение монокристаллов.
7. Механизмы деформирования поликристаллов при комнатной и повышенных температурах.
8. Остаточные напряжения, их роль в обработке металлов давлением и при эксплуатации изделий.
9. Основные методы определения остаточных напряжений.
10. Основные законы упруго-пластических деформаций.

### **Экзамен**

Вопросы к экзамену:

1. Понятие о пластической деформации. Упругие и пластические деформации
2. Степень деформации. Экспериментальное определение показателей пластичности. Диаграмма растяжения
3. Механизмы пластической деформации. Скольжение. Двойникование. Диффузионный механизм.
4. Кристаллическое строение металлов и сплавов. Типы кристаллических решеток. Дефекты. Точечные дефекты. Дислокации. Взаимодействие дефектов.
5. Кристаллографические плоскости и направления. Индексы плоскостей и направлений. Системы скольжения. Влияние кристаллического строения на пластичность.
6. Дислокации. Движение дислокаций. Переползание дислокаций. Движение дислокаций с аномалиями.
7. Дислокационный механизм пластической деформации
8. Внутрзеренное и межзеренное скольжение
9. Условия макроскопической и микроскопической сплошности твердого тела при пластической деформации
10. Виды пластической деформации. Холодная, горячая, теплая и полугорячая деформация. Особенности процессов
11. Влияние температуры на пластичность металлов и сплавов.
12. Влияние скорости деформации на пластичность металлов и сплавов
13. Влияние фазового состава на пластичность сплавов
14. Критическое касательное напряжение и деформация сдвига
15. Упрочнение при холодной пластической деформации. Дислокационные механизмы упрочнения. Барьерный эффект упрочнения. Эффект мультискольжения
16. Горячая пластическая деформация. Механизмы горячей пластической деформации
17. Разупрочнение при горячей пластической деформации. Возврат, полигонизация, рекристаллизация. Механизм рекристаллизации. Условия образования зародышей рекристаллизации
18. Диаграммы рекристаллизации. Применение диаграмм на практике.
19. Явление ползучести в технике. Диффузионная пластичность.
20. Обобщенная диаграмма пластичности. Характеристики.
21. Разрушение металлов и сплавов. Дислокационные теории разрушения. Механизмы хрупкого и вязкого (пластического) разрушения.
22. Усталостная прочность. Зарождение усталостных трещин
23. Явление хладноломкости. Порог хладноломкости.
24. Пластическая деформация в особых условиях
25. Влияние гидростатического давления на пластичность и разрушение
26. Явление сверхпластичности
27. Термомеханическая обработка материалов. Получение деталей с заданными механическими свойствами.
28. Режимы термомеханической обработки. НТМО и ВТМО
29. Образование текстур деформации
30. Классификация и обозначение текстур деформации
31. Влияние текстур деформации на пластичность. Анизотропия.

### **6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 3</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	17
Презентация	Обучающиеся выполняют презентацию с применением необходимых программных средств, решая в презентации поставленные преподавателем задачи. Обучающийся выступает с презентацией на занятии или сдаёт её в электронном виде преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме презентации, логичность, информативность, способы представления информации, решение поставленных задач.	2	17
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	16
<b>Зачет</b>	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50
<b>Семестр 4</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	17
Презентация	Обучающиеся выполняют презентацию с применением необходимых программных средств, решая в презентации поставленные преподавателем задачи. Обучающийся выступает с презентацией на занятии или сдаёт её в электронном виде преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме презентации, логичность, информативность, способы представления информации, решение поставленных задач.	2	17
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	16

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Экзамен	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

### 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Открытые реестры ФИПС - <http://www1.fips.ru/wps/portal/Registers/>

Поиск научных статей по тематике дисциплины в Elibrary - <https://elibrary.ru/>

Поиск научных статей по тематике дисциплины в Scopus - <https://scopus.com/>

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. При этом обращать внимание на определения и формулировки, раскрывающие содержание тех или иных понятий, явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. При необходимости, можно задавать преподавателю вопросы с целью уточнения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	Практические занятия служат связующим звеном между теорией и практикой. Они необходимы для закрепления теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях, а так же для получения практических знаний. Практические задания выполняются студентом самостоятельно, с применением знаний и умений, полученных на лекционных занятиях и в результате самостоятельной работы, а так же с использованием необходимых пояснений, полученных от преподавателя при выполнении практического задания.
самостоятельная работа	Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. После каждой лекции преподаватель дает перечень тем на самостоятельное изучение (если это предусмотрено учебным планом). В ходе самостоятельного изучения тем дисциплины необходимо руководствоваться основной и дополнительной литературой, а также информационными источниками в сети Интернет.
устный опрос	При подготовке к устному опросу студенты должны использовать не только материалы прочитанной им лекции, но и рекомендованную им литературу по дисциплине, указанные Интернет-ресурсы. Обычно задается несколько кратких конкретных вопросов, позволяющих выяснить степень подготовленности студента, его уровень владения материалом. Если опрашиваемый студент не отвечает на поставленный вопрос, то преподаватель может его адресовать другим студентам.

Вид работ	Методические рекомендации
контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.
презентация	Обучающиеся выполняют презентацию с применением необходимых программных средств, решая в презентации поставленные преподавателем задачи. Обучающийся выступает с презентацией на занятии или сдаёт её в электронном виде преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме презентации, логичность, информативность, способы представления информации, решение поставленных задач.
зачет	При подготовке к экзамену необходимо опираться, прежде всего, на лекции и основную литературу по дисциплине, а также на источники, которые разбирались на практических занятиях в течение семестра. Необходимо руководствоваться основной и дополнительной литературой, а также информационными источниками в сети Интернет
экзамен	При подготовке к зачету необходимо опираться, прежде всего, на лекции и основную литературу по дисциплине, а также на источники, которые разбирались на практических занятиях в течение семестра. Необходимо руководствоваться основной и дополнительной литературой, а также информационными источниками в сети Интернет

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

#### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 15.04.01 "Машиностроение" и магистерской программе "Машины и технология литейного производства".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.1 Физические основы пластической деформации

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 15.04.01 - Машиностроение

Профиль подготовки: Машины и технология литейного производства

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

**Основная литература:**

1. Зуев Л. Б. и др. Физические основы прочности материалов: Учебное пособие: 1 - Долгопрудный: Издательский дом 'Интеллект', 2013 - 376с. - URL: <http://znanium.com/go.php?id=470167>
2. Головин Ю. И. Основы нанотехнологий. - Машиностроение, 2012 - 656с. - URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5793](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5793)
3. Новиков И. И. и др. Металловедение: В 2 т-х. Т. 1. Основы металловедения; Т. 2. Термическая обработка. Сплавы, Т. 1,2 Металловедение: 2-е - МИСИС, 2014 - 1020с. - URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=69779](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=69779)

**Дополнительная литература:**

1. Кривцов А. М. Деформирование и разрушение твердых тел с микроструктурой - Физматлит, 2007 - 304с. - URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59470](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59470)
2. Епифанов, Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.И. Епифанов. ? Электрон.дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2011. ? 288 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2023>. ? Загл. с экрана.
3. Афанасьев А.А. и др. Технология конструкционных материалов: Учебник: 2 - Москва: ООО 'Научно-издательский центр ИНФРА-М', 2018 - 656с. - URL: <http://znanium.com/go.php?id=930315>

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.1 Физические основы пластической деформации

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 15.04.01 - Машиностроение

Профиль подготовки: Машины и технология литейного производства

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows