

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Котова Лариса Анатольевна  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 17.05.2024 16:16:51  
Уникальный программный ключ:  
10730ffe6b1ed036b744b6e9d97700b86e5c04a7

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»  
Новотроицкий филиал

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Теория пластической деформации металлов

Закреплена за подразделением Кафедра металлургических технологий и оборудования (Новотроицкий филиал)

Направление подготовки

15.03.02 Технологические машины и оборудование

Профиль

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180

Формы контроля в семестрах:  
экзамен 6

в том числе:

аудиторные занятия 84

самостоятельная работа 69

часов на контроль 27

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	15			
Неделя	15			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	28	28	28	28
Практические	56	56	56	56
В том числе инт.	6	6	6	6
Итого ауд.	84	84	84	84
Контактная работа	84	84	84	84
Сам. работа	69	69	69	69
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*к.т.н., Доцент, О.Р. Латыпов*

Рабочая программа

**Теория пластической деформации металлов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (приказ Минобрнауки России от 25.11.2021 г. № 465 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

15.03.02 Технологические машины и оборудование, 15.03.02\_22\_Технологич. машины и оборудование\_2022\_МиТОМД.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 30.11.2021, протокол № 35

Утверждена в составе ОПОП ВО:

15.03.02 Технологические машины и оборудование, , утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 30.11.2021, протокол № 35

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра металлургических технологий и оборудования (Новотроицкий филиал)**

Протокол от 13.03.2024 г., №8

Руководитель подразделения к.п.н., доцент Нефедов А.В.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Целью дисциплины «Теория пластической деформации металлов» является изучение особенностей пластического деформирования металлов и сплавов, условий перехода деформируемого вещества из упругого в пластическое состояние, методов решения прикладных задач обработки давлением сплошных сред, влияния пластической деформации на механические свойства и структуру металла. Дисциплина непрерывно развивается в соответствии с совершенствованием и прогрессом в машиностроении, в частности, металлообработке.
1.2	Для достижения цели дисциплины необходимо решить следующие основные задачи:
1.3	– изучить теоретические основы физики и механики деформируемого твердого тела с учетом температурно-скоростных факторов деформации;
1.4	– выполнить цикл практических работ по изучению и исследованию факторов, оказывающих влияние на сопротивление деформированию, пластичность и формоизменение заготовок.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.02
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Допуски и технические измерения	
2.1.2	Метрология, стандартизация, сертификация	
2.1.3	Основы технологии машиностроения	
2.1.4	Прокатное производство	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Основы теории трения и изнашивания	
2.2.2	Основы трибологии и триботехники	
2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.4	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.5	Современное оборудование машиностроительных заводов	
2.2.6	Современное оборудование цехов ОМД	
2.2.7	Цифровые двойники в машиностроительном производстве	
2.2.8	Цифровые двойники в ОМД	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-6: Способен применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, анализировать причины нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению, обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления</b>
<b>Знать:</b>
ПК-6-31 Методы контроля качества изделий и объектов в сфере производства продуктов питания; методы проведения анализа причин нарушений технологических процессов; методику разработки мероприятий по предупреждению нарушений технологических процессов в сфере производства продуктов питания.
<b>ПК-5: Способен осваивать вводимое технологическое оборудование, проверять его техническое состояние и остаточный ресурс, организовывать осмотры, содержание и ремонты технологических машин и оборудования, выбирать вспомогательные материалы, применять прогрессивные методы эксплуатации оборудования при изготовлении технологических машин</b>
<b>Знать:</b>
ПК-5-31 Способы и методы выбора материалов для изделий различного назначения с учетом эксплуатационных требований
<b>ОПК-9: Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-9-31 Основные понятия в области ОМД
<b>ПК-6: Способен применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, анализировать причины нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению, обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-6-У1 Использовать методы контроля качества изделий и объектов в сфере производства продуктов питания; методы проведения анализа причин нарушений технологических процессов; методики разработки мероприятий по предупреждению нарушений технологических процессов в сфере производства продуктов питания.

<b>ПК-5: Способен осваивать вводимое технологическое оборудование, проверять его техническое состояние и остаточный ресурс, организовывать осмотры, содержание и ремонт технологических машин и оборудования, выбирать вспомогательные материалы, применять прогрессивные методы эксплуатации оборудования при изготовлении технологических машин</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-5-У1 Осуществлять корректировки технологических процессов
<b>ОПК-9: Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-9-У1 Выбирать материалы для изделий различного назначения
<b>ПК-6: Способен применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, анализировать причины нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению, обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-6-В1 Навыками проведения контроля качества изделий и объектов в сфере производства продуктов питания; анализа причин нарушений технологических процессов; разработки мероприятий по предупреждению нарушений технологических процессов в сфере производства продуктов питания.
<b>ПК-5: Способен осваивать вводимое технологическое оборудование, проверять его техническое состояние и остаточный ресурс, организовывать осмотры, содержание и ремонт технологических машин и оборудования, выбирать вспомогательные материалы, применять прогрессивные методы эксплуатации оборудования при изготовлении технологических машин</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-5-В1 Способностью анализировать продукцию, процессы и системы ОМД
<b>ОПК-9: Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-9-В1 Владеть способностью обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Раздел 1. Введение в теорию обработки металлов давлением. Общая характеристика, предмет и задачи курса, его связь с фундаментальными дисциплинами, место среди специальных курсов. Цели, задачи, разновидности, особенности, преимущества и недостатки процессов ОМД. Достижения в РФ и за рубежом							

1.1	Введение в теорию обработки металлов давлением. Общая характеристика, предмет и задачи курса, его связь с фундаментальными дисциплинами, место среди специальных курсов. Цели, задачи, разновидности, особенности, преимущества и недостатки процессов ОМД. Достижения в РФ и за рубежом. /Лек/	6	4	ОПК-9-31 ПК-5-31 ПК-6-31	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ2	
1.2	Проработка лекционного материала, литературы по дисциплине /Ср/	6	15	ОПК-9-31 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ2	Р1
	<b>Раздел 2. Раздел 2. Общие вопросы теории ОМД. Силы, действующие в процессах ОМД. Внешние, внутренние, поверхностные и объемные силы, общее определение механических напряжений. Механические свойства металлических материалов, их характеристика, методы определения. Условие постоянства объема при ОМД, величины, характеризующие деформацию.</b>							
2.1	Раздел 2. Общие вопросы теории ОМД. Силы, действующие в процессах ОМД. Внешние, внутренние, поверхностные и объемные силы, общее определение механических напряжений. Механические свойства металлических материалов, их характеристика, методы определения. Условие постоянства объема при ОМД, величины, характеризующие деформацию. /Лек/	6	4	ОПК-9-31 ПК-5-31 ПК-6-31	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ2	

2.2	<p>Физическое направление в теории ОМД. Кристаллическое строение металлов, моно - и поликристаллы. Основные механизмы пластической деформации монокристаллов, особенности пластической деформации поликристаллов. Холодная, горячая и теплая деформации, классификация процессов ОМД по температурным условиям. Особенности горячей обработки металлов давлением, ее преимущества и недостатки. Влияние холодной пластической деформации на структуру и свойства деформируемого металла, деформационное упрочнение. Формирование текстуры и анизотропии свойств металлических материалов в процессе пластической деформации. Изменение структуры и свойств холоднодеформированного металла при нагреве. Возврат, полигонизация, рекристаллизация. Формирование физических и механических свойств металлов и сплавов в процессах ОМД. /Лек/</p>	6	3	ОПК-9-31 ПК-5-31 ПК-6-31	Л1.Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ2	
-----	--	---	---	--------------------------	---------------------------------	--	-----	--

2.3	<p>Теория напряжений и деформаций в обработке металлов давлением. Силы, действующие на деформируемый металл, напряжения, напряженное состояние в окрестности точки, тензор напряжений. Главные нормальные и касательные напряжения, октаэдрические напряжения. Интенсивность напряжений. Схемы главных напряжений. Схема ГН процесса листовой прокатки. Условие пластичности. Условие постоянства максимального касательного напряжения, энергетическое условие пластичности. Понятия конечных и малых деформаций, деформированное состояние окрестности точки, тензор деформаций, интенсивность деформаций, главные деформации, схемы главных деформаций в процессах ОМД. Большие деформации при ОМД. Понятие о механических схемах деформации. Классификация процессов ОМД по механическим схемам деформации. Примеры качественного анализа процессов ОМД с использованием механических схем деформации. /Лек/</p>	6	3	ОПК-9-31 ПК-5-31 ПК-6-31	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ2	
2.4	<p>Количественная оценка деформации при ОМД. Анализ и определение величин, характеризующих пластическую деформацию в различных процессах ОМД . Расчет единичных и результирующих показателей деформации, анализ их взаимосвязи в различных процессах ОМД /Пр/</p>	6	12	ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	по форме "Технология проблемного обучения"	КМ2	Р1

2.5	Анализ типовых диаграмм растяжения. Трение в процессах ОМД. Расчет коэффициента трения при горячей и холодной прокатке /Пр/	6	12	ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-5-У1 ПК-6-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ2	Р1
2.6	Контрольная работа №1 /Пр/	6	2	ОПК-9-31 ПК-5-31 ПК-6-31	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ2	
2.7	Проработка лекционного материала, материалов практических занятий, выполнение контрольной работы /Ср/	6	15	ОПК-9-31 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ2	Р1
	<b>Раздел 3. Раздел 3. Неравномерность деформации в процессах ОМД. Скорость деформации и сопротивление металла деформации при ОМД. Основные законы теории обработки металлов давлением</b>							



3.1	<p>Неравномерность деформации в процессах ОМД. Причины возникновения неравномерности деформации: влияние внешнего трения, внешних зон деформируемого тела, несоответствие формы инструмента форме деформируемого тела, неоднородность физико-механических свойств деформируемого металла по объему. Способы уменьшения неравномерной деформации. Дополнительные напряжения, их связь с неравномерностью деформации. Влияние дополнительных напряжений на качество готовых изделий. Остаточные напряжения, их роль при ОМД, способы определения и методы устранения. Скорость деформации и сопротивление металла деформации при ОМД. Скоростные условия различных процессов ОМД. Понятие о скорости деформации и скорости деформирования, использование скорости деформации для анализа процессов ОМД. Скоростные условия листовой прокатки. Понятие сопротивления деформации. Факторы, влияющие на сопротивление деформации: химический состав, структура, температура, скорость и степень деформации, история нагружения. Методы определения сопротивления деформации /Лек/</p>	6	3	ОПК-9-31 ПК-5-31 ПК-6-31	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ3	
-----	--	---	---	--------------------------	----------------------------------	--	-----	--

3.2	Основные законы теории обработки металлов давлением. Закон постоянства объема, коэффициенты деформации, истинные деформации, свойства аддитивности, взаимосвязь коэффициентов деформации по трём осям, средний и результирующий (суммарный) коэффициент вытяжки. Положение о смещенном объеме. Закон наименьшего сопротивления и следствия из него: правило кратчайшей нормали, правило наименьшего периметра. Практическое применение правила кратчайшей нормали и правила наименьшего периметра при анализе процессов ОМД. Законы подобия и физического моделирования пластической деформации. /Лек/	6	3	ОПК-9-31 ПК-5-31 ПК-6-31	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ3	
3.3	Определение скорости деформации в различных процессах ОМД (продольная прокатка, осадка и др.) /Пр/	6	16	ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	по форме "Технология проблемного обучения"	КМ3	Р1
3.4	Проработка лекционного материала, материалов практических занятий /Ср/	6	15	ОПК-9-31 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ3	Р1
	<b>Раздел 4. Раздел 4. Трение в процессах обработки металлов давлением. Пластичность и деформируемость. Экспериментальные методы определения усилий.</b>							

4.1	<p>Трение в процессах обработки металлов давлением. Общие понятия. Основные механизмы контактного трения. Влияние трения при ОМД на показатели процессов и качество изделий. Особенности внешнего трения при ОМД, его отличие от механического. Зависимость трения от основных технологических параметров процессов ОМД. Способы определения коэффициента и напряжения трения. Технологические смазки при ОМД, их назначение и классификация. Влияние смазок на эффективность процессов ОМД и качество продукции /Лек/</p>	6	4	ОПК-9-31 ПК-5-31 ПК-6-31	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ3	
-----	--	---	---	--------------------------	----------------------------------	--	-----	--

4.2	<p>Пластичность и деформируемость. Понятие пластичности и деформируемости. Методы оценки пластичности, предельная пластичность. Модели разрушения металлов в процессах пластической деформации. Основные параметры, определяющие пластичность в процессах ОМД. Технологическая пластичность, методы ее оценки. Пути повышения пластичности в процессах ОМД. Понятие сверхпластичности. Усилие и работа деформации. Энергосиловые параметры пластической деформации, их роль в определении эффективности процессов ОМД. Решение приближённых дифференциальных уравнений равновесия сил совместно с уравнением пластичности при различных законах контактного трения. Метод работ, вывод уравнения для определения деформирующих сил при осадке с помощью метода работ. Анализ существующих аналитических методов определения деформирующих усилий. Вариационные методы. Метод линий скольжения, основные понятия полей линий скольжения, роль линий скольжения в расчётах напряжений. Экспериментальные методы определения усилий. Работа и мощность деформации. /Лек/</p>	6	4	ОПК-9-31 ПК-5-31 ПК-6-31	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ3	
4.3	<p>Расчет коэффициента трения по экспериментально измеренным усилиям при осадке свинцовых образцов /Пр/</p>	6	12	ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3	по форме "Технология проблемного обучения"	КМ3	Р1
4.4	<p>Контрольная работа №2 /Пр/</p>	6	2	ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ3	

4.5	Проработка лекционного материала, материалов практических занятий. Подготовка к экзамену. /Ср/	6	24	ОПК-9-31 ОПК-9-У1 ОПК-9-В1 ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-6-31 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ1,К М3	Р1
-----	--	---	----	--	---------------------------------	--	-------------	----

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Экзамен	ОПК-9-31;ПК-5-31;ПК-6-31	<p>Вопросы для самоподготовки к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие о кристаллическом строении металлов, моно- и поликристаллы.</li> <li>2. Типы кристаллических решеток металлов, их характеристики.</li> <li>3. Основные механизмы пластической деформации монокристаллов.</li> <li>4. Особенности пластической деформации поликристаллов.</li> <li>5. Дислокационная модель пластической деформации.</li> <li>6. Механические свойства металлов, способы их определения.</li> <li>7. Изменение свойств металла в процессе холодной пластической деформации. Деформационное упрочнение.</li> <li>8. Изменения, происходящие в металлах в процессе холодной пластической деформации.</li> <li>9. Изменение структуры и свойств деформированного металла при нагреве. Возврат, полигонизация, рекристаллизация.</li> <li>10. Классификация процессов ОМД по температурным условиям.</li> <li>11. Силы, действующие на деформируемый металл, напряжения, напряженное состояние в точке, тензор напряжений.</li> <li>12. Понятие о главных напряжениях. Схемы главных напряжений.</li> <li>13. Напряженное состояние на наклонных (в т.ч. октаэдрических) площадках. Понятие интенсивности напряжений.</li> <li>14. Условие пластичности.</li> <li>15. Деформированное состояние, тензор деформаций.</li> <li>16. Понятие о главных деформациях, схемы главных деформаций в процессах ОМД.</li> <li>17. Условие постоянства объема при ОМД. Величины, характеризующие деформацию в различных процессах ОМД.</li> <li>18. Смещенный объем.</li> <li>19. Взаимосвязь частных и результирующих величин, характеризующих пластическую деформацию. Понятие истинных деформаций.</li> <li>20. Понятие о механических схемах деформации. Классификация процессов ОМД по механическим схемам деформации.</li> <li>21. Анализ процессов ОМД с использованием механических схем деформации.</li> <li>22. Скоростные условия процессов ОМД. Понятие о скорости деформации.</li> <li>23. Определение скорости деформации в процессах осадки и продольной прокатки.</li> <li>24. Трение при ОМД. Основные определения. Особенности трения при ОМД. УП: ОМ-22 30.plx стр. 8</li> <li>25. Основные механизмы контактного трения, влияние трения при ОМД на качество изделий и показатели процессов.</li> <li>26. Зависимость трения от основных параметров процессов ОМД.</li> <li>27. Технологические смазки при ОМД, их назначение и классификация. Влияние смазок на эффективность процессов ОМД и качество продукции.</li> <li>28. Экспериментальные методы оценки трения при ОМД.</li> <li>29. Сопротивление деформации при ОМД. Факторы, влияющие на сопротивление деформации.</li> </ol>

			<p>30. Методы определения сопротивления деформации. Метод термомеханических коэффициентов.</p> <p>31. Влияние различных факторов ОМД на пластичность металлов в процессе деформации.</p> <p>32. Пластичность и деформируемость металлов при ОМД. Методы оценки и основные факторы, определяющие пластичность при ОМД.</p> <p>33. Причины возникновения неравномерности деформации в процессах ОМД.</p> <p>34. Дополнительные напряжения, их связь с неравномерностью деформации. Влияние дополнительных напряжений на качество готовых изделий.</p> <p>35. Остаточные напряжения, их роль при ОМД, методы их устранения.</p> <p>36. Закон наименьшего сопротивления, правило кратчайшей нормали, правило наименьшего периметра, их практическое применение при анализе процессов ОМД.</p> <p>37. Усилие деформации. Методы определения усилия деформации. Решение дифференциальных уравнений равновесия совместно с уравнением пластичности (общий подход, основные допущения и упрощения).</p> <p>38. Работа деформации при ОМД.</p> <p>39. Деформационный разогрев при ОМД.</p> <p>40. Задачи на расчет величин, характеризующих пластическую деформацию, коэффициента трения, скорости деформации, сопротивления деформации и др. показателей процессов ОМД</p>
КМ2	Контрольная работа №1	ОПК-9-31;ПК-5-31;ПК-6-31	<p>1. Дать общую характеристику процессу ОМД – свободнаяковка.</p> <p>2. Сущность условия постоянства объема в процессах ОМД. Особенности деформации литого металла.</p> <p>3. Как определить коэффициент высотной деформации?</p> <p>4. Определить истинный коэффициент высотной деформации при осадке образца цилиндрической формы с <math>h_0 = 60</math> мм до <math>h_1 = 40</math> мм.</p> <p>5. Исходная заготовка – пруток диаметром <math>d_0 = 10</math> мм подвергнута волочению в пять проходов с коэффициентами вытяжки в проходах: 1 = 1,32; 2 = 1,3; 3 = 1,25; 4 = 1,22; 5 = 1,2. Определить диаметр готовой проволоки (<math>d_{пр}</math>).</p> <p>6. Цилиндрический образец размерами: <math>h_0 = 60</math> мм, <math>d_0 = 50</math> мм, осаживается до высоты <math>h_1 = 40</math> мм. Определить смещенный объем по высоте.</p> <p>7. Силы, действующие на деформируемое тело. Реактивные силы.</p> <p>8. Понятие о механических напряжениях. Соотношение между полными, нормальными и касательными напряжениями.</p> <p>9. Октаэдрические напряжения. Интенсивность касательных и нормальных напряжений.</p> <p>10. Понятие о схемах главных напряжений. Схема главных напряжений для процесса осадки.</p>
КМ3	Контрольная работа №2	ОПК-9-31;ПК-5-31;ПК-6-31	<p>1. Условие пластичности. Условие постоянства максимального касательного напряжения.</p> <p>2. Схемы главных деформаций для процессов прокатки и осадки.</p> <p>3. Понятие о механических схемах деформации. Механическая схема деформации процесса осадки.</p> <p>4. Качественный анализ процесса волочения с помощью механических схем деформации.</p> <p>5. В каком процессе потребуется большее усилие деформации: а) прокатка на гладкой бочке; б) прокатка в калибрах.</p> <p>6. Неравномерность деформации. Оценить влияние формы инструмента на неравномерность деформации.</p> <p>7. Дополнительные напряжения. Определить причину появления, направление и знак дополнительных напряжений при прокатке трехслойного пакета (внутри алюминиевая пластина, сверху и снизу – свинцовые пластины).</p> <p>8. Остаточные напряжения. Причины искажения формы изделий под действием остаточных напряжений.</p> <p>9. Механический метод определения остаточных напряжений. Напряжения какого рода можно определить механическим методом?</p>

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
---------------	--------------------	--	-------------------

P1	<p>Домшняя работа ": Расчет энерго- силовых параметров (давление, усилие и работу деформации, деформационный разогрев) при осадке (распределение по вариантам)".</p>	<p>ОПК-9-У1;ОПК-9- В1;ПК-5-У1;ПК-5- В1;ПК-6-У1;ПК-6- В1</p>	<p>Последовательность расчета: 1) Определить объем деформируемого тела <math>V_0 = h_0 \cdot b_0 \cdot L</math> (м<sup>3</sup>); 2) Определить абсолютное обжатие <math>h = h_0 - h_1</math> (мм); 3) Определить относительную деформацию <math>\varepsilon = h/h_0</math>; 4) Определить коэффициент высотной деформации <math>\eta = h_0/h_1</math>; 5) Определить ширину после процесса осадки <math>b_1 = b_0 \cdot \dots</math>, где - коэффициент поперечной деформации (коэффициент уширения) определяется из условия постоянства объема (УПО). В коэффициентах деформации УПО: <math>(\dots) / \eta = 1</math>. При плоской деформации при осадке коэффициент продольной деформации (коэффициент вытяжки) = 1; 6) Определить истинный (логарифмический) коэффициент высотной деформации <math>\delta h = \ln(h_0/h_1)</math>; 7) Определить истинный смещенный объем по высоте <math>V_{см} = V_0 \cdot \ln(h_0/h_1)</math>; 8) Определить время процесса деформации <math>t = h / v_B</math> (сек); 9) Определить среднюю скорость деформации <math>v_{ср} = \varepsilon / t</math>; 10) Определить среднее значение сопротивления деформации по методике, указанной в задании без учета деформационного разогрева; 11) Определить работу деформации не учитывая работу сил трения: <math>A_{деф} = V_0 \cdot \sigma_{ср} \cdot \ln(h_0/h_1)</math>; 12) Определить величину деформационного разогрева в результате работы деформации: <math>t_{деф} = \eta_{вых} \cdot \sigma_{ср} \cdot \ln(h_0/h_1) / (c \cdot \dots)</math>, где <math>\eta_{вых}</math> – коэффициент выхода тепла от работы деформации (0,89 – 0,94); <math>\sigma_{ср}</math> – среднее значение сопротивления деформации (МПа); <math>c</math> – удельная теплоемкость деформируемого металла (Дж/(кг*град)); <math>\rho</math> – плотность деформируемого металла (кг/м<sup>3</sup>); 13) Определить среднее значение сопротивления деформации по методике, указанной в задании с учетом деформационного разогрева <math>t_{деф} = t_{ME} + t_{деф}</math>; 14) Определить значение коэффициента трения в соответствии с заданным законом трения (Амантона – расчет по формуле Бахтинова, коэффициент, учитывающий влияние скорости принять равным 1, Зибеля – принимаем, что площадь поверхности контакта деформируемого металла с бойком, на которой трение подчиняется закону Зибеля составляет 100%, коэффициент трения (по Зибелю) <math>f_3 = \dots</math>, где <math>\dots</math> – коэффициент Лодэ, схема деформации – плоская); 15) Рассчитать погонное усилие процесса осадки (усилие на единицу длины деформируемой заготовки – <math>R_{пог}</math> (Н/м, кН/м)) в соответствии с заданным законом трения; 16) Рассчитать среднее давление на поверхности контакта <math>p_{ср} = R_{пог} / b_1</math> (Н/м<sup>2</sup>, МПа) Рассчитать полное усилие процесса осадки <math>P = R_{пог} \cdot L</math> (Н, кН). Исходные данные для расчета: 1) Форма деформируемого тела - пластина, прямоугольный параллелепипед; 2) Размеры до деформации: <math>h_0 = 50</math> мм, <math>b_0 = 50</math> мм, <math>L = 300</math> мм; 3) Размеры после деформации: <math>h_1 = 25</math> мм, <math>L = 300</math> мм – деформация плоская; 4) Скоростные условия деформации - скорость движения бойка (скорость деформирования) - <math>v_B</math>, (<math>v_{деф}</math>) = 0,2 м/с; 5) Деформируемый материал - сталь 45; 6) Материал бойков - сталь; 7) - Температура <math>t_{ME} = 1150</math> оС; 8) Закон трения - Амантона (при определении коэффициента трения коэффициент, учитывающий влияние скорости принять равным 1; 9) Сопротивление деформации определять по методике В.И. Зюзина; 10) При определении деформационного разогрева трением пренебречь; 11) Коэффициент выхода тепла от работы деформации <math>\eta_{вых} = 0.9</math> 12) Теплофизические характеристики: <math>c = 705</math> Дж/(кг*град), <math>\rho = 7550</math> кг/м<sup>3</sup></p>
----	--	---	---



### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Текущий контроль результатов освоения УД в соответствии с рабочей программой и календарно-тематическим планом происходит при использовании следующих обязательных форм контроля:

- 1). Выполнение домашней работы;
- 2). Выполнение контрольных работ в письменной форме по билетам.

Промежуточная аттестация по УД осуществляется при использовании следующих обязательных форм контроля: Экзамен, который может проводиться в устной форме по билетам, включающим теоретические вопросы и задачи, охватывающие все разделы УД, или в тестовой форме по тестовым заданиям в среде LMS Moodle.

Ниже представлен образец экзаменационного билета.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра металлургических технологий и оборудования

БИЛЕТ К ЭКЗАМЕНУ № 0

Дисциплина: Теория пластической деформации металлов

Направление : 15.03.02 "Технологические машины и оборудование"

Форма обучения: очная

Форма проведения экзамена: устная

1. Анализ процессов ОМД с использованием механических схем деформации.
2. Зависимость трения от основных параметров процессов ОМД.
3. Исходная заготовка квадратного сечения (сторона квадрата  $a = 100$  мм) за семь проходов прокатана в круг диаметром  $d = 50$  мм. Определить среднее значение коэффициента вытяжки за проход.

Составил: \_\_\_\_\_ О.Р. Латыпов

Зав. кафедрой МТиО \_\_\_\_\_ А.В. Нефедов

Дистанционно экзамен проводится в LMS Moodle.

Образец заданий для экзамена, проводимого дистанционно в LMS Moodle:

Вопрос 1:

На какие стадии подразделяют металлургическое производство?

1. На две основные и две вспомогательные;
2. На две основные и одну вспомогательную;
3. На две основные;
4. На одну основную и одну вспомогательную;
5. На три основные.

Вопрос 2:

Придание слитку или заготовке необходимой формы и размеров в пластическом состоянии при практически неизменном химическом составе обрабатываемого материала обеспечивается?

1. проведения обработки металлов давлением с последующей термической обработкой;
2. В процессе проведения термической обработки;
3. В процессе проведения механической обработки;
4. В процессе проведения обработки металлов давлением;
5. В процессе проведения обработки металлов давлением с последующей механической обработкой.

Вопрос 3:

К различным видам обработки металлов давлением в пластическом состоянии относятся?

1. Прокатка, волочение, прессование;
2. Прокатка, волочение, прессование, ковка, штамповка;
3. Горячая прокатка, холодная прокатка, прессование; волочение;
4. Прокатка, волочение, прессование, ковка, штамповка, термообработка;
5. Прессование и волочение.

Вопрос 4:

Как называется обработка металлов давлением, заключающаяся в протягивании прутка через отверстие выходных размеров которого меньше, чем исходное сечение прутка?

1. Прокатка;
2. Волочение;
3. Прессование;
4. Ковка;
5. Штамповка.

Вопрос 5:

Как называется обработка металлов давлением, заключающаяся в выдавливании металла, помещенного в замкнутую полость контейнера, через отверстие матрицы?

1. Прокатка;
2. Волочение;

3. Прессование;
4. Ковка;
5. Штамповка.

Вопрос 6:

Что представляет собой термическая обработка изделий из черных и цветных металлов и сплавов?

1. Нагрев изделий до определенной температуры, выдержка при этой температуре и последующее охлаждение с постоянной скоростью с целью изменения структуры, а следовательно и свойств стали;
2. Нагрев изделий до температуры выше точки АСЗи последующее охлаждение с различной скоростью с целью изменения структуры, а следовательно и свойств стали;
3. Нагрев изделий до температуры выше точки АСЗ, выдержка при этой температуре и последующее охлаждение с целью изменения структуры, а следовательно и свойств стали;
4. Нагрев изделий до температуры ниже точки АСЗ, выдержка при этой температуре и последующее охлаждение с различной скоростью с целью изменения структуры, а следовательно и свойств стали;
5. Нагрев изделий до определенной температуры, выдержка при этой температуре и последующее охлаждение с различной скоростью с целью изменения структуры, а следовательно и свойств стали.

#### **5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)**

Шкала оценивания знаний обучающихся во время проведения аудиторных контрольных мероприятий.

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

При оценке домашнего задания используется бинарная система, которая предусматривает следующие результаты и критерии оценивания:

«зачтено» - Домашнее задание соответствует всем предъявляемым требованиям, правильно выполнен расчет всех параметров.

«не зачтено» - Работа не соответствует большинству предъявляемых критериев, расчеты параметров проведены с ошибками.

Критерии оценки ответов на экзамене, проводимом в устной форме:

«Отлично» - Студент демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.

«Хорошо» - Студент демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки, которые быстро исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателем.

«Удовлетворительно» - Студент демонстрирует неглубокие теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает не достаточно свободное владение терминологией, логичностью и последовательностью изложения, делает ошибки, которые может исправить только при коррекции преподавателем.

«Неудовлетворительно» - Студент демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательностью изложения, делает ошибки, которые не может исправить даже при коррекции преподавателем.

Критерии оценки ответов на экзамене, проводимом в дистанционной форме в LMS Moodle

"отлично" 40-37 верных ответов

"хорошо" 36-30 верных ответов

"удовлетворительно" 22-20 верных ответов

"неудовлетворительно" 19 и меньше верных ответов

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### **6.1. Рекомендуемая литература**

#### **6.1.1. Основная литература**

Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
---------------------	----------	------------	------------------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л1.1	Коликов А.П., Романцев Б.А.	Теория обработки металлов давлением: Учебник		М.: Изд. Дом МИСиС, 2015, <a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=10396">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=10396</a>

### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л2.1	Куницина Н.Г.	Теория и технология процессов обработки металлов давлением: Учебное пособие		Новотроицк: НФ НИТУ МИСиС, 2015, <a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=10573">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=10573</a>
Л2.2	Куницина Н.Г.	Расчеты основных параметров технологических процессов обработки металлов давлением: Методические указания для проведения практических занятий		Новотроицк: НФ НИТУ "МИСиС", 2020, <a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л3.1	Куницина Н.Г.	Расчет деформационных и энергосиловых параметров при горячей реверсивной прокатке: Методические указания для выполнения домашнего задания		Новотроицк: НФ НИТУ "МИСиС", 2017, <a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=12138">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=12138</a>

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Официальный сайт НФ НИТУ "МИСиС"	<a href="http://nf.misis.ru/">http://nf.misis.ru/</a>
Э2	Canvas	<a href="https://lms.misis.ru/">https://lms.misis.ru/</a>
Э3	Электронная библиотека НИТУ "МИСиС"	<a href="http://elibrary.misis.ru">elibrary.misis.ru</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	WinPro 10 RUSUpgrdOLVNLEachAcadmсAP
П.2	Антивирус Kaspersky Endpoint Security для бизнеса-Раширенный Rus Edition 150 -249 Node 1y EDU RNW Lic.
П.3	Компас 3D V21-22
П.4	WinStrtr7 Russian OLP 1 NL Acdmс Legalization GetGenuine
П.5	WinPro 7 RUS Upgrd OLP NL Acdmс
П.6	Microsoft Office 2007 Russian Academic OpenLicensePack NoLevel Acdmс
П.7	Microsoft Teams

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
211	Учебная аудитория для занятий лекционного типа, практических занятий	Комплект учебной мебели на 44 мест для обучающихся, 1 стационарный компьютер для преподавателя с выходом в интернет, проектор, экран настенный, доска аудиторная меловая, веб камера, колонки, лицензионные программы MS Office, MS Teams, антивирус Dr.Web.
211	Учебная аудитория для занятий лекционного типа, практических занятий	Комплект учебной мебели на 44 мест для обучающихся, 1 стационарный компьютер для преподавателя с выходом в интернет, проектор, экран настенный, доска аудиторная меловая, веб камера, колонки, лицензионные программы MS Office, MS Teams, антивирус Dr.Web.
215	Учебная лаборатория "Обработка металлов давлением"	Комплект учебной мебели на 24 места для обучающихся, макет прокатного стана.
215а	Учебная лаборатория "Обработка металлов давлением"	Комплект учебной мебели на 24 места для обучающихся, макет прокатного стана.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Освоение дисциплины предполагает как проведение традиционных аудиторных занятий, так и работу в электронной информационно-образовательной среде НИТУ «МИСиС» (ЭИОС), частью которой непосредственно предназначена для осуществления образовательного процесса является Электронный образовательный ресурс LMS Canvas. Он доступен по URL адресу <https://lms.misis.ru/enroll/YFEXLE> и позволяет использовать специальный контент и элементы электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. LMS Canvas используется преимущественно для асинхронного взаимодействия между участниками образовательного процесса посредством сети «Интернет».

Чтобы эффективно использовать возможности LMS Canvas, а соответственно и успешно освоить дисциплину, нужно:

- 1) зарегистрироваться на курс. Для этого нужно перейти по ссылке ... Логин и пароль совпадает с логином и паролем от личного кабинета НИТУ МИСиС;
- 2) в рубрике «В начало» ознакомиться с содержанием курса, вопросами для самостоятельной подготовки, условиями допуска к аттестации, формой промежуточной аттестации (зачет/экзамен), критериями оценивания и др.;
- 3) в рубрике «Модули», заходя в соответствующие разделы изучать учебные материалы, размещенные преподавателем. В т.ч. пользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, переходя по ссылкам;
- 4) в рубрике «Библиотека» возможно подбирать для выполнения письменных работ (контрольные, домашние работы, курсовые работы/проекты) литературу, размещенную в ЭБС НИТУ «МИСиС»;
- 5) в рубрике «Задания» нужно ознакомиться с содержанием задания к письменной работе, сроками сдачи, критериями оценки. В установленные сроки выполнить работу(ы), подгрузить здесь же для проверки. Удобно называть файл работы следующим образом (название предмета (сокращенно), группа, ФИО, дата актуализации (при повторном размещении)). Например, Прикладная механика\_Иванов\_И.И.\_БМТ-18\_20.04.2020. Если работа содержит рисунки, формулы, то с целью сохранения форматирования ее нужно подгружать в pdf формате.

Работа, подгружаемая для проверки, должна:

- содержать все структурные элементы: титульный лист, введение, основную часть, заключение, список источников, приложения (при необходимости);
- быть оформлена в соответствии с требованиями.

Преподаватель в течение установленного срока (не более десяти дней) проверяет работу и размещает в комментариях к заданию рецензию. В ней он указывает как положительные стороны работы, так замечания. При наличии в рецензии замечаний и рекомендаций, нужно внести поправки в работу, подгрузить ее заново для повторной проверки. При этом важно следить за сроками, в течение которых должно быть выполнено задание. При нарушении сроков, указанных преподавателем возможность подгрузить работу остается, но система выводит сообщение о нарушении сроков. По окончании семестра подгрузить работу не получится;

- 6) в рубрике «Тесты» пройти тестовые задания, освоив соответствующий материал, размещенный в рубрике «Модули»;
- 7) в рубрике «Оценки» отслеживать свою успеваемость;
- 8) в рубрике «Объявления» читать объявления, размещаемые преподавателем, давать обратную связь;
- 9) в рубрике «Обсуждения» создавать обсуждения и участвовать в них (обсуждаются общие моменты, вызывающие вопросы у большинства группы). Данная рубрика также может быть использована для взаимной проверки;
- 10) проявлять регулярную активность на курсе.

Преимущественно для синхронного взаимодействия между участниками образовательного процесса посредством сети «Интернет» используется Microsoft Teams (MS Teams). Чтобы полноценно использовать его возможности нужно установить приложение MS Teams на персональный компьютер и телефон. Старостам нужно создать группу в MS Teams.

Участие в группе позволяет:

- слушать лекции;
- работать на практических занятиях;
- быть на связи с преподавателем, задавая ему вопросы или отвечая на его вопросы в общем чате группы в рабочее время с 9.00 до 17.00;
- осуществлять совместную работу над документами (вкладка «Файлы»).

При проведении занятий в дистанционном синхронном формате нужно всегда работать с включенной камерой.

Исключение – если преподаватель попросит отключить камеры и микрофоны в связи с большими помехами. На аватарках должны быть исключительно деловые фото.

При проведении лекционно-практических занятий ведется запись. Это дает возможность просмотра занятия в случае невозможности присутствия на нем или при необходимости вновь обратиться к материалу и заново его просмотреть.