



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

  
УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов  
03.03.2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**СПЕЦДИСЦИПЛИНА**

Направление подготовки (специальность)  
22.06.01 ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Обработка металлов давлением

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Технологий обработки материалов
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 22.06.01 ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (уровень подготовки кадров высшей квалификации). (приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 888)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технологий обработки материалов

19.02.2021, протокол № 6

Зав. кафедрой  А.Б. Моллер

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

03.03.2021 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

профессор кафедры ТОМ, д-р техн. наук  А.М. Песин

Рецензент:

зав. кафедрой ТСиСА, д-р техн. наук  И.Ю. Мезин

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Технологий обработки материалов

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целью дисциплины «Спецдисциплина» является формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний в вопросах обработки металлов давлением, подготовке к защите выпускной-квалификационной работы.

Кроме того, дисциплина позволит обучающимся:

- раскрыть возможности современных тенденций в развитии сортамента, оборудования и технологий обработки металлов давлением;
- освоить основные пакеты для решения задач обработки металлов давлением;
- получить информацию перспективах развития методов обработки металлов давлением.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Спецдисциплина входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Проектирование инновационных технологий в процессах обработки металлов давлением

Методы исследования процессов и объектов обработки металлов давлением

Стандартизация, сертификация и управление качеством в процессах обработки металлов давлением

Технологии производства и обработки материалов в металлургии

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Применение программных комплексов в профессиональной деятельности

Представление научного доклада об основных результатах подготовленной НКР

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Спецдисциплина» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
УК-1	способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
Знать	- основные понятия организации работы; - основные методы и способы реализации критического аналитического подхода к поиску и анализу идей
Уметь	- организовывать работу по генерации новых идей, выявлению лучших и анализу их применимости
Владеть	навыками - организации научной группы и постановки задачи критического анализа современных достижений и идей, в том числе в междисциплинарных областях

ОПК-1 проектно-конструкторская деятельность: способностью и готовностью теоретически обосновывать и оптимизировать технологические процессы получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- технологические и эксплуатационные свойства металлов и сплавов;</li> <li>- современные способы анализа структуры и свойств металлов и сплавов;</li> <li>- современные методики расчета и проектирования новых технологических процессов ОМД</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать вид и режимы процесса обработки металлов давлением;</li> <li>- обоснованно выбирать вид и режимы процесса обработки металлов давлением;</li> <li>- уметь пользоваться современными методиками расчета и проектирования перспективных процессов ОМД</li> </ul>
Владеть	<p>навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения методов анализа формоизменения, энергосиловых параметров, режимов ОМД;</li> <li>- применения методов расчета параметров технологических процессов ОМД;</li> <li>- применения основных современных методик анализа показателей качества металлопродукции</li> </ul>
ОПК-11 производственно-технологическая: способностью и готовностью разрабатывать технологический процесс, технологическую оснастку, рабочую документацию, маршрутные и операционные технологические карты для изготовления новых изделий из перспективных материалов	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методики расчета и проектирования новых технологических процессов ОМД;</li> <li>- основные принципы построения технологических процессов ОМД;</li> <li>- основы теории поиска оптимальных решений</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- решать задачи по определению технологических показателей рассматриваемого процесса ОМД;</li> <li>- уметь пользоваться современными методиками расчета и проектирования новых технологических процессов ОМД;</li> <li>- находить оптимальные и рациональные режимы обработки</li> </ul>
Владеть	<p>навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использования современных методов прогнозирования и предотвращения возникновения возможных дефектов;</li> <li>- прогнозирования направления развития процессов;</li> <li>- выбора наиболее экономически целесообразных видов обработки</li> </ul>
ОПК-18 способностью и готовностью вести авторский надзор при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основы теории поиска рациональных решений;</li> <li>- основы теории поиска оптимальных решений;</li> <li>- принципы авторского надзора</li> </ul>

Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- контролировать качество изготавливаемых изделий на всех переходах технологического процесса;</li> <li>- решать задачи по определению и оптимизации формоизменения и энергосиловых параметров процесса ОМД конкретного вида продукции в рамках проектирования сквозного технологического процесса с учетом авторского права</li> </ul>
Владеть	<p>навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использования современных методов прогнозирования и предотвращения возникновения возможных дефектов;</li> <li>- прогнозирования направления развития процессов;</li> <li>- выбора наиболее экономически целесообразных видов обработки</li> </ul>
ПК-1 способность и готовность исследовать и рассчитывать деформационные, скоростные, силовые, температурные и другие параметры разнообразных процессов обработки металлов давлением	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- назначение, устройство и работу машин и агрегатов для производства продукции методами ОМД;</li> <li>- основные закономерности и явления на контакте материала и рабочего инструмента и влияние их на качество продукции</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ориентироваться в выборе оборудования для производства металлопродукции способами ОМД требуемого сортамента и качества;</li> <li>- оценивать влияние технологических факторов на точность размеров, механические свойства и другие характеристики, регламентирующие качество изделия в процессах ОМД;</li> <li>- оптимизировать режимы перспективных процессов ОМД</li> </ul>
Владеть	<p>навыками</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчета наиболее ответственных деталей и узлов оборудования технологических процессов ОМД</li> </ul>
ПК-3 способность и готовность исследовать контактное взаимодействие материала и рабочего инструмента, разрабатывать мероприятия по повышению его долговечности и надежности эксплуатации	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные показатели надежности и долговечности оборудования в процессах ОМД;</li> <li>- основные понятия и принципы проектирования и эксплуатации энергоэффективных и материалосберегающих технологий</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оценивать влияние технологических факторов на точность размеров, механические свойства и другие характеристики, регламентирующие качество изделия в процессах ОМД;</li> <li>- прогнозировать результаты воздействия термомеханической обработки на свойства готовой продукции</li> </ul>
Владеть	<p>навыками</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- математического описания существующих совмещённых технологий различных процессов ОМД;</li> <li>- постановки и математического описания совмещённых технологий перспективных процессов ОМД</li> </ul>
ПК-4 способность и готовность к разработке энергоэффективных и материалосберегающих, в том числе совмещённых технологий	

Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия и принципы проектирования и эксплуатации энергоэффективных и материалосберегающих технологий;</li> <li>- перспективные процессы ОМД, энергоэффективные и материалосберегающие технологии в ОМД;</li> <li>- основные виды совмещенных технологий</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- свободно пользоваться общетеоретической, специальной и научно-технической литературой;</li> <li>- дать описание перспективных совмещенных технологий ОМД, оценить адекватность используемых гипотез, допущений при составлении такого рода описания, анализировать эффективность и ресурсосбережение технологий</li> </ul>
Владеть	<p>навыками</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разработки энергоэффективных и материалосберегающих технологий ОМД;</li> <li>- навыками проектирования и совершенствования технологических процессов;</li> <li>- прогнозирования результатов и управления ими</li> </ul>

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 26 акад. часов;
- аудиторная – 26 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 46 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 13 акад. час;
- подготовка к экзамену – 36 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.1 Тензор напряжений. Главные напряжения, главные касательные напряжения, октаэдрические напряжения. Интенсивность напряжений.	5	2/1И			6	Изучение научной и учебно-методической информации по теме дисциплины, подготовка презентаций	Устный опрос, проверка презентации	ОПК-1, ОПК-11, ОПК-18, УК-1
1.2 Тензор деформаций. Аналогия уравнений напряженного и деформированного состояния.		1/1И			4	Изучение научной и учебно-методической информации по теме дисциплины, подготовка презентаций	Устный опрос, проверка презентации	ОПК-1, ОПК-11, ОПК-18, УК-1
1.3 Решение задач обработки металлов давлением вариационными методами. Функционалы Лагранжа, Журдена, Кастильяно.		2/1И			6	Изучение научной и учебно-методической информации по теме дисциплины, подготовка презентаций	Устный опрос, проверка презентации	ОПК-1, ОПК-11, ОПК-18, УК-1
1.4 Решение задач ОМД методом конечных элементов.		2/1И			6	Изучение научной и учебно-методической информации по теме дисциплины, подготовка презентаций	Устный опрос, проверка презентации	ОПК-1, ОПК-11, ОПК-18, УК-1



1.5 Решение задач обработки металлов давлением Big Data	1/1И			6	Изучение научной и учебно-методической информации по теме дисциплины, подготовка презентаций	Устный опрос, проверка презентации	ОПК-1, ОПК-11, ОПК-18, УК-1
1.6 Особенности решения задач ОМД при больших деформациях. Постановка задач.	2/2И			6	Изучение научной и учебно-методической информации по теме дисциплины, подготовка презентаций	Устный опрос, проверка презентаций	ОПК-1, ОПК-11, ОПК-18, УК-1
1.7 Построение реологических моделей.			4		Подготовка к сдаче практической работы	Устный опрос. Сдача практической работы	ПК-1, ПК-3, ПК-4, УК-1
1.8 Виды и теории разрушения при пластической деформации. Критерий Колмогорова.	1/1И			6	Изучение научной и учебно-методической информации по теме дисциплины, подготовка презентаций.	Устный опрос, проверка презентаций	ОПК-1, ОПК-11, ОПК-18, УК-1
1.9 Постановка общей задачи теории упругости.			2		Подготовка к сдаче практической работы	Устный опрос. Сдача практической работы	ПК-1, ПК-3, ПК-4, УК-1
1.10 Методы интенсивной пластической деформации.	2			6	Изучение научной и учебно-методической информации по теме дисциплины, подготовка презентаций	Устный опрос, проверка презентаций	ОПК-1, ОПК-11, ОПК-18, УК-1
1.11 Исследование асимметричной прокатки листов и лент			2		Подготовка к сдаче практической работы	Устный опрос. Сдача практической работы	ПК-1, ПК-3, ПК-4, УК-1
1.12 Исследование напряженного деформированного состояния.			2		Подготовка к сдаче практической работы	Устный опрос. Сдача практической работы	ПК-1, ПК-3, ПК-4, УК-1
1.13 Метод конечных элементов.			3		Подготовка к сдаче практической работы. Подготовка к экзамену	Устный опрос. Сдача практической работы	ПК-1, ПК-3, ПК-4, УК-1
Итого по разделу	13/8И		13	46			
Итого за семестр	13/8И		13	46		экзамен	

Итого по дисциплине	13/8 И		13	46		экзамен	ОПК-1,ОПК-11,ОПК-18,УК-1,ПК-1,ПК-3,ПК-4
---------------------	-----------	--	----	----	--	---------	---

## **5 Образовательные технологии**

В процессе реализации дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- традиционные образовательные технологии (информационная лекция, семинар);
- технологии проблемного обучения (проблемная лекция);
- интерактивные технологии (лекция-беседа, семинар-дискуссия);
- информационно-коммуникативные образовательные технологии (лекция-визуализация, семинар-презентация).

На занятиях целесообразно использовать технологию коллективного взаимообучения, совмещая ее с технологией модульного обучения. При этом необходимо повышать познавательную активность студентов, организуя самостоятельную работу как исследовательскую творческую деятельность.

Следует использовать комплекс инновационных методов активного обучения, включающий в себя:

- создание проблемных ситуаций с показательным решением проблемы преподавателем и без него;
- самостоятельную поисковую деятельность в решении проблем, направляемую преподавателем;
- самостоятельное решение проблем студентами под контролем преподавателя.

Реализация инновационных методов обучения возможна с использованием следующих приемов:

- раскрытие преподавателем причин и характера неудач, встречающихся при решении проблем;
- демонстрация разных подходов к решению конкретной проблемы;
- анализ полученных результатов и отыскание границ их применимости и др.

При проведении заключительного контроля необходимо выявить степень правильности, объема, глубины знаний, умений, навыков, полученных при изучении курса наряду с выявлением степени самостоятельности в применении полученных знаний.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Загиров, Н.Н. Теория обработки металлов давлением : учеб. пособие / Н.Н. Загиров, С.Б. Сидельников, Е.В. Иванов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2018. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-3894-7. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1032175> (дата обращения: 18.01.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Рудской, А. И. Теория и технология прокатного производства : учебное пособие / А. И. Рудской, В. А. Лунев. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 528 с. — ISBN 978-5-8114-4958-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129221> (дата обращения: 18.01.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Жидков, А. В. Плоские задачи теории упругости : учебно-методическое пособие / А. В. Жидков, А. К. Любимов. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2019. — 38 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/144535> (дата обращения: 18.01.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Потёмкин, В. К. Обработка металлов давлением : методические указания / В. К. Потёмкин, В. А. Трусов, Л. М. Капуткина. — Москва : МИСИС, 2011. — 27 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117031> (дата обращения: 18.01.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Коликов, А. П. Обработка металлов давлением. Теория процессов трубного производства : учебник / А. П. Коликов, Б. А. Романцев, А. С. Алещенко. — Москва : МИСИС, 2019. — 502 с. — ISBN 978-5-906953-98-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129026> (дата обращения: 18.01.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Коликов, А. П. Теория обработки металлов давлением : учебник / А. П. Коликов, Б. А. Романцев. — Москва : МИСИС, 2015. — 451 с. — ISBN 978-5-87623-887-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116979> (дата обращения: 18.01.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **в) Методические указания:**

Приложения теории пластичности к разработке и анализу технологических процессов: учебное пособие / В.М. Салганик, А.М. Песин, Д.Н. Чикишев, Н.М. Локотунина, Д.О. Пустовойтов – М-во образования и науки Российской Федерации, Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2012. – 251 с. ISBN 978-5-9967-0260-2.

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018

##### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Scopus»	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>

Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
4. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
  - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
  - инструментами для ремонта учебного оборудования;
  - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала и подготовки к сдаче экзамена..

### Вопросы для подготовки к сдаче экзамена:

1. Решение задач обработки металлов давлением вариационными методами. Функционалы Лагранжа, Журдена, Кастильяно.
2. Решение задач ОМД методом конечных элементов.
3. Решение задач обработки металлов давлением с использованием нейросетевого моделирования.
4. Тензор напряжений. Главные напряжения, главные касательные напряжения, октаэдрические напряжения. Интенсивность напряжений.
5. Тензор деформаций. Аналогия уравнений напряженного и деформированного состояния.
6. Особенности решения задач ОМД при больших деформациях. Постановка задач.
7. Виды и теории разрушения при пластической деформации. Критерий Колмогорова. Другие критерии.
8. Очаг деформации при симметричной и асимметричной прокатке. Нейтральные точки и кинематические зоны.
9. Реологические модели. Модели Гука, Ньютона, Сен-Венана-Кулона, Максвелла, Кельвина-Фойгта (Фойгта), Бингама, Зинера.
10. Определение усилий деформирования методом совместного решения дифференциального уравнения равновесия и условий пластичности.
11. Основные пакеты для решения задач ОМД (DEFORM, QFORM и др.). Назначение, достоинства и недостатки.
12. Постановка общей задачи теории упругости.
13. Методы интенсивной пластической деформации. Достоинства и недостатки.
14. Асимметричная прокатка листов и лент. Достоинства и недостатки.
15. Перспективы использования цифровых двойников в задачах ОМД.
16. Физическая природа трения, применительно к процессам ОМД. Законы трения в процессах ОМД. Экспериментальное определение коэффициентов и показателей трения.
17. Методы определения работы, мощности, момента при симметричной и асимметричной прокатки.
18. Уширение при продольной прокатке на гладкой бочке и факторы, влияющие на его значение.
19. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологий толстолистовой прокатки.
20. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологий сортопрокатного производства.
21. Современные тенденции в развитии гибридных процессов ОМД.
22. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологий волоочильного производства.
23. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии производства широкополосной горячей прокатки.
24. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии производства холоднокатанной листовой стали.
25. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии инкрементальной штамповки.
26. Современные тенденции в развитии технологий термообработки и нанесения покрытий для придания прокату дополнительных служебных свойств.

27. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологий канатного производства.
28. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии производства труб.
29. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологийковки.
30. Современные тенденции в производстве холоднокатанного проката для автомобильной промышленности.
31. Современные тенденции в производстве горячекатанного проката для автомобильной промышленности.
32. Современные тенденции в производстве толстолистового проката для труб большого диаметра.
33. Термомеханическая обработка полос из низколегированных сталей с достижением сложного сочетания механических свойств.

**7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-1	проектно-конструкторская деятельность:	способностью и готовностью теоретически обосновывать и оптимизировать технологические процессы получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- технологические и эксплуатационные свойства металлов и сплавов;</li> <li>- современные способы анализа структуры и свойств металлов и сплавов;</li> <li>- современные методики расчета и проектирования новых технологических процессов ОМД</li> </ul>	<p><b>Теоретические вопросы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Тензор напряжений. Главные напряжения, главные касательные напряжения, октаэдрические напряжения. Интенсивность напряжений.</li> <li>2. Тензор деформаций. Аналогия уравнений напряженного и деформированного состояния.</li> <li>3. Особенности решения задач ОМД при больших деформациях. Постановка задач.</li> <li>4. Виды и теории разрушения при пластической деформации. Критерий Колмогорова. Другие критерии.</li> <li>5. Очаг деформации при симметричной и асимметричной прокатке. Нейтральные точки и кинематические зоны.</li> <li>6. Реологические модели. Модели Гука, Ньютона, Сен-Венана-Кулона, Максвелла, Кельвина-Фойгта (Фойгта), Бингама, Зинера.</li> <li>7. Определение усилий деформирования методом совместного решения дифференциального уравнения равновесия и условий пластичности.</li> <li>8. Методы интенсивной пластической деформации. Достоинства и недостатки.</li> <li>9. Асимметричная прокатка листов и лент. Достоинства и недостатки.</li> <li>10. Перспективы использования цифровых двойников в задачах ОМД.</li> <li>11. Физическая природа трения, применительно к процессам ОМД. Законы трения в процессах ОМД.</li> </ol>



Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать вид и режимы процесса обработки металлов давлением;</li> <li>- обоснованно выбирать вид и режимы процесса обработки металлов давлением;</li> <li>- уметь пользоваться современными методиками расчета и проектирования</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Постановка общей задачи теории упругости.</li> <li>2. Исследование асимметричной прокатки листов и лент.</li> <li>3. Метод конечных элементов.</li> <li>4. Исследование напряженного деформированного состояния.</li> <li>5. Построение реологических моделей.</li> </ol>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>навыками - применения методов анализа формоизменения, энергосиловых параметров, режимов ОМД;</li> <li>- применения методов расчета параметров технологических процессов ОМД;</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Приведение примера температурно-скоростных зависимостей характеристик прочности и пластичности монокристаллов</li> <li>2. Описание методики определения условия захвата полосы валками</li> </ol>
<p>ОПК-11 производственно-технологическая: способностью и готовностью разрабатывать технологический процесс, технологическую оснастку, рабочую документацию, маршрутные и операционные технологические карты для изготовления новых изделий из перспективных материалов</p>		

Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методики расчета и проектирования новых технологических процессов ОМД;</li> <li>- основные принципы построения технологических процессов ОМД;</li> <li>- основы теории поиска оптимальных решений</li> </ul>	<p><b>Теоретические вопросы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Решение задач обработки металлов давлением вариационными методами. Функционалы Лагранжа, Журдена, Кастильяно.</li> <li>2. Решение задач ОМД методом конечных элементов.</li> <li>3. Решение задач обработки металлов давлением с использованием нейросетевого моделирования.</li> <li>4. Тензор напряжений. Главные напряжения, главные касательные напряжения, октаэдрические напряжения. Интенсивность напряжений.</li> <li>5. Тензор деформаций. Аналогия уравнений напряженного и деформированного состояния.</li> <li>6. Особенности решения задач ОМД при больших деформациях. Постановка задач.</li> <li>7. Виды и теории разрушения при пластической деформации. Критерий Колмогорова. Другие критерии.</li> <li>8. Очаг деформации при симметричной и асимметричной прокатке. Нейтральные точки и кинематические зоны.</li> <li>9. Реологические модели. Модели Гука, Ньютона, Сен-Венана-Кулона, Максвелла, Кельвина-Фойгта (Фойгта), Бингама, Зинера.</li> </ol>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- решать задачи по определению технологических показателей рассматриваемого процесса ОМД;</li> <li>- уметь пользоваться современными методиками расчета и проектирования новых технологических процессов ОМД;</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Постановка общей задачи теории упругости.</li> <li>2. Исследование асимметричной прокатки листов и лент.</li> <li>3. Метод конечных элементов.</li> <li>4. Исследование напряженного деформированного состояния.</li> <li>5. Построение реологических моделей.</li> </ol>
Владеть	<p>навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использования современных методов прогнозирования и предотвращения возникновения возможных дефектов;</li> <li>- прогнозирования направления развития процессов;</li> <li>- выбора наиболее экономически целесообразных видов обработки</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание основ ресурсо- и энергосбережения в технологических процессах обработки металлов давлением</li> <li>2. Описание современных методов исследований, применяемых в процессах ОМД</li> </ol>

ОПК-18 способностью и готовностью вести авторский надзор при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий

Знать	<ul style="list-style-type: none"><li>- основы теории поиска рациональных решений;</li><li>- основы теории поиска оптимальных решений;</li><li>- принципы авторского надзора</li></ul>	<p><b>Теоретические вопросы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологий толстолистовой прокатки.</li><li>2. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологий сортопрокатного производства.</li><li>3. Современные тенденции в развитии гибридных процессов ОМД.</li><li>4. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологий волоочильного производства.</li><li>5. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии производства широкополосной горячей прокатки.</li><li>6. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии производства холоднокатанной листовой стали.</li><li>7. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии инкрементальной штамповки.</li><li>8. Современные тенденции в развитии технологий термообработки и нанесения покрытий для придания прокату дополнительных служебных свойств.</li><li>9. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологий канатного производства.</li><li>10. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии производства труб.</li><li>11. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологийковки.</li><li>12. Современные тенденции в производстве холоднокатанного проката для автомобильной промышленности.</li><li>13. Современные тенденции в производстве горячекатанного проката для автомобильной промышленности.</li><li>14. Современные тенденции в производстве толстолистового проката для труб большого диаметра.</li></ol>
-------	--	---

Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- контролировать качество изготавливаемых изделий на всех переходах технологического процесса;</li> <li>- решать задачи по определению и оптимизации формоизменения и энергосиловых параметров процесса ОМД конкретного вида продукции в рамках проектирования сквозного технологического процесса с учетом</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Построение диаграммы пластичности</li> <li>2. Определение условий захвата полосы валками</li> <li>3. Анализ скорости пластического течения в очаге деформации</li> <li>4. Определение уширения при продольной прокатке на гладкой бочке.</li> <li>5. Постановка общей задачи теории упругости.</li> <li>6. Исследование асимметричной прокатки листов и лент.</li> <li>7. Метод конечных элементов.</li> <li>8. Исследование напряженного деформированного состояния.</li> <li>9. Построение реологических моделей.</li> </ol>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>навыками</li> <li>- использования современных методов прогнозирования и предотвращения возникновения возможных дефектов;</li> <li>- прогнозирования направления развития процессов;</li> <li>- выбора наиболее экономически</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Оценка энергии, затрачиваемой на прокатку;</li> <li>2. Описание методики определения работы, мощности и момента прокатки на конкретном примере</li> </ol>
<p>ПК-1 способность и готовность исследовать и рассчитывать деформационные, скоростные, силовые, температурные и другие параметры разнообразных процессов обработки металлов давлением</p>		

Знать	<p>- назначение, устройство и работу машин и агрегатов для производства продукции методами ОМД;</p> <p>- основные закономерности и явления на контакте материала и рабочего инструмента и влияние их на качество продукции</p>	<p><b>Теоретические вопросы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные пакеты для решения задач ОМД (DEFORM, QFORM и др.). Назначение, достоинства и недостатки.</li> <li>2. Постановка общей задачи теории упругости.</li> <li>3. Методы интенсивной пластической деформации. Достоинства и недостатки.</li> <li>4. Асимметричная прокатка листов и лент. Достоинства и недостатки.</li> <li>5. Перспективы использования цифровых двойников в задачах ОМД.</li> <li>6. Физическая природа трения, применительно к процессам ОМД. Законы трения в процессах ОМД. Экспериментальное определение коэффициентов и показателей трения.</li> <li>7. Методы определения работы, мощности, момента при симметричной и асимметричной прокатки.</li> <li>8. Уширение при продольной прокатке на гладкой бочке и факторы, влияющие на его значение.</li> </ol>
Уметь	<p>- ориентироваться в выборе оборудования для производства металлопродукции способами ОМД требуемого сортамента и качества;</p> <p>- оценивать влияние технологических факторов на точность размеров, механические свойства и другие характеристики, регламентирующие качество изделия в процессах ОМД;</p> <p>- оптимизировать режимы перспективных процессов ОМД</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание методики определения усилия прокатки и факторы, его определяющие</li> <li>2. Описание методики определения энергии, затрачиваемой на прокатку (работа, мощность и момент прокатки)</li> <li>3. Описание методики определения температурных условий в очаге деформации и их расчета</li> <li>4. Перечислите современные методы контроля и управления качеством.</li> <li>5. Постановка общей задачи теории упругости.</li> <li>6. Исследование асимметричной прокатки листов и лент.</li> <li>7. Метод конечных элементов.</li> <li>8. Исследование напряженного деформированного состояния.</li> <li>9. Построение реологических моделей.</li> </ol>

Владеть	навыками - расчета наиболее ответственных деталей и узлов оборудования технологических процессов ОМД	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание методов определения напряжений и усилия волочения</li> <li>2. Описание основных технологических схем и оборудования для производства сортовой стали</li> <li>3. Описание основных технологических схем и оборудования для производства горячекатаной листовой стали</li> <li>4. Описание основных технологических схем и оборудования для производства холоднокатаной листовой стали</li> </ol>
ПК-3 способность и готовность исследовать контактное взаимодействие материала и рабочего инструмента, разрабатывать мероприятия по повышению его долговечности и надежности эксплуатации		
Знать	- основные показатели надежности и долговечности оборудования в процессах ОМД; - основные понятия и принципы проектирования и эксплуатации энергоэффективных и материалосберегающих технологий	<b>Теоретические вопросы:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Особенности решения задач ОМД при больших деформациях. Постановка задач.</li> <li>2. Виды и теории разрушения при пластической деформации. Критерий Колмогорова. Другие критерии.</li> <li>3. Очаг деформации при симметричной и асимметричной прокатке. Нейтральные точки и кинематические зоны.</li> <li>4. Реологические модели. Модели Гука, Ньютона, Сен-Венана-Кулона, Максвелла, Кельвина-Фойгта (Фойгта), Бингама, Зинера.</li> <li>5. Определение усилий деформирования методом совместного решения дифференциального уравнения равновесия и условий пластичности.</li> <li>6. Постановка общей задачи теории упругости.</li> <li>7. Методы интенсивной пластической деформации. Достоинства и недостатки.</li> <li>8. Асимметричная прокатка листов и лент. Достоинства и недостатки.</li> <li>9. Перспективы использования цифровых двойников в задачах ОМД.</li> <li>10. Физическая природа трения, применительно к процессам ОМД. Законы трения в процессах ОМД. Экспериментальное определение коэффициентов и показателей трения.</li> <li>11. Методы определения работы, мощности, момента при симметричной и асимметричной прокатки.</li> </ol>

Уметь	<p>- оценивать влияние технологических факторов на точность размеров, механические свойства и другие характеристики, регламентирующие качество изделия в процессах ОМД;</p> <p>- прогнозировать результаты воздействия термомеханической обработки на свойства готовой продукции</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание влияния параметров технологического процесса прокатки на формирование показателей качества готовых изделий;</li> <li>2. Описание влияния параметров технологического процесса волочения на формирование показателей качества готовых изделий</li> <li>3. Описание современных методов оценки качества и основные отделочные операции в процессах ОМД.</li> <li>10. Постановка общей задачи теории упругости.</li> <li>11. Исследование асимметричной прокатки листов и лент.</li> <li>12. Метод конечных элементов.</li> <li>13. Исследование напряженного деформированного состояния.</li> <li>14. Построение реологических моделей.</li> </ol>
Владеть	<p>навыками</p> <p>- математического описания существующих совмещённых технологий различных процессов ОМД;</p> <p>- постановки и математического описания совмещённых технологий перспективных процессов ОМД</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание совмещённых технологических процессов в производстве листовой и сортовой продукции</li> </ol>
ПК-4 способность и готовность к разработке энергоэффективных и материалосберегающих, в том числе совмещённых технологий		

Знать	<p>- основные понятия и принципы проектирования и эксплуатации энергоэффективных и материалосберегающих технологий;</p> <p>- перспективные процессы ОМД, энергоэффективные и материалосберегающие технологии в ОМД;</p> <p>- основные виды совмещенных технологий</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теоретические вопросы:</li> <li>2. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологий толстолистовой прокатки.</li> <li>3. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологий сортопрокатного производства.</li> <li>4. Современные тенденции в развитии гибридных процессов ОМД.</li> <li>5. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологий волочильного производства.</li> <li>6. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии производства широкополосной горячей прокатки.</li> <li>7. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии производства холоднокатанной листовой стали.</li> <li>8. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии инкрементальной штамповки.</li> <li>9. Современные тенденции в развитии технологий термообработки и нанесения покрытий для придания прокату дополнительных служебных свойств.</li> <li>10. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологий канатного производства.</li> <li>11. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии производства труб.</li> <li>12. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологийковки.</li> <li>13. Современные тенденции в производстве холоднокатанного проката для автомобильной промышленности.</li> <li>14. Современные тенденции в производстве горячекатанного проката для автомобильной промышленности.</li> <li>15. Современные тенденции в производстве толстолистового проката для труб большого диаметра.</li> </ol>
-------	---	--



Уметь	<p>- свободно пользоваться общетеоретической, специальной и научно- технической литературой;</p> <p>- дать описание перспективных совмещенных технологий ОМД, оценить адекватность используемых гипотез, допущений при составлении такого рода описания, анализировать эффективность и ресурсосбережение технологий</p>	<p>1 Описание современных совмещенных технологических процессов в производстве листовой и сортовой продукции</p> <p>2. Раскрытие сущности ресурсо- и энергосбережения в технологических процессах обработки металлов давлением</p> <p>15. Постановка общей задачи теории упругости.</p> <p>16. Исследование асимметричной прокатки листов и лент.</p> <p>17. Метод конечных элементов.</p> <p>18. Исследование напряженного деформированного состояния.</p> <p>19. Построение реологических моделей.</p>
Владеть	<p>навыками</p> <p>- разработки энергоэффективных и материалосберегающих технологий ОМД;</p> <p>- навыками проектирования и совершенствования технологических процессов;</p>	<p>1. Представление примера разработки энергоэффективных и материалосберегающих технологий ОМД</p> <p>2. Описание современных методов проектирования и совершенствования технологических процессов ОМД</p>
<p>УК-1 способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>		

<p>1. Знать</p>	<p>2. - основные понятия организации работы;  3. - основные методы и способы реализации критического аналитического подхода к поиску и анализу идей</p>	<p>4. Теоретические вопросы:  5. Решение задач обработки металлов давлением вариационными методами. Функционалы Лагранжа, Журдена, Кастильяно.  6. Решение задач ОМД методом конечных элементов.  7. Решение задач обработки металлов давлением с использованием нейросетевого моделирования.  8. Тензор напряжений. Главные напряжения, главные касательные напряжения, октаэдрические напряжения. Интенсивность напряжений.  9. Тензор деформаций. Аналогия уравнений напряженного и деформированного состояния.  10. Особенности решения задач ОМД при больших деформациях. Постановка задач.  11. Виды и теории разрушения при пластической деформации. Критерий Колмогорова. Другие критерии.  12. Очаг деформации при симметричной и асимметричной прокатке. Нейтральные точки и кинематические зоны.  13. Реологические модели. Модели Гука, Ньютона, Сен-Венана-Кулона, Максвелла, Кельвина-Фойгта (Фойгта), Бингама, Зинера.  14. Определение усилий деформирования методом совместного решения дифференциального уравнения равновесия и условий пластичности.  15. Основные пакеты для решения задач ОМД (DEFORM, QFORM и др.). Назначение, достоинства и недостатки.  16. Постановка общей задачи теории упругости.  17. Методы интенсивной пластической деформации. Достоинства и недостатки.  18. Асимметричная прокатка листов и лент. Достоинства и недостатки.  19. Перспективы использования цифровых двойников в задачах ОМД.  20. Физическая природа трения, применительно к процессам ОМД. Законы трения в процессах ОМД. Экспериментальное определение коэффициентов и показателей трения.</p>
-----------------	---	---

		<p>21. Современные тенденции в развитии гибридных процессов ОМД.</p> <p>22. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологий волочильного производства.</p> <p>23. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии производства широкополосной горячей прокатки.</p> <p>24. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии производства холоднокатанной листовой стали.</p> <p>25. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии инкрементальной штамповки.</p> <p>26. Современные тенденции в развитии технологий термообработки и нанесения покрытий для придания прокату дополнительных служебных свойств.</p> <p>27. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологий канатного производства.</p> <p>28. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологии производства труб.</p> <p>29. Современные тенденции в развитии сортамента, оборудования и технологийковки.</p> <p>30. Современные тенденции в производстве холоднокатанного проката для автомобильной промышленности.</p> <p>31. Современные тенденции в производстве горячекатанного проката для автомобильной промышленности.</p> <p>32. Современные тенденции в производстве толстолистового проката для труб большого диаметра.</p> <p>33. Термомеханическая обработка полос из низколегированных сталей с достижением сложного сочетания механических свойств.</p>
Уметь	- организовывать работу по генерации новых идей, выявлению лучших и анализу их применимости	<p>1. Описание современных методов контроля качества продукции в процессах ОМД</p> <p>2. Постановка общей задачи теории упругости.</p> <p>3. Исследование асимметричной прокатки листов и лент.</p> <p>4. Метод конечных элементов.</p> <p>5. Исследование напряженного деформированного состояния.</p> <p>6. Построение реологических моделей.</p>

Владеть	навыками - организации научной группы и постановки задачи критического анализа современных достижений и идей, в том числе в междисциплинарных областях	1. Приведение примеров современных достижений в области производства инновационной продукции в процессах ОМД
---------	--	--

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена с оценкой.

***Показатели и критерии оценивания экзамена с оценкой:***

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

– на оценку «отлично» – обучающийся показывает высокий уровень сформированности компетенций, т.е. прочно усвоил предусмотренный программный материал, правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров, показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников (теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов), а также без ошибок выполнил практическое задание;

– на оценку «хорошо» – обучающийся показывает средний уровень сформированности компетенций, т.е. в достаточной мере усвоил предусмотренный программный материал, правильно, аргументировано ответил на вопросы, показал хорошие знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников, а также без ошибок выполнил практическое задание;

– на оценку «удовлетворительно» – обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций, т.е. предусмотренный программный материал усвоен не в полной мере, обучающийся дал ответы не на все вопросы, показал неглубокие знания, плохо владеет приемами рассуждения и сопоставления материалов, а также выполнил практическое задание с ошибками;

– на оценку «неудовлетворительно» – результат обучения не достигнут, обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.