



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор института металлургии,
машиностроения и материалобработки

А.С.Савинов

«15» 02 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Направление подготовки (специальность)
22.03.02 Металлургия

Направленность (профиль/специализация) программы
Инжиниринг уникальных материалов и
инновационных технологий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Технологий обработки материалов
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск
2022 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ
15.02.2022 г. протокол № 6

Председатель


А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры ТОМ, канд. техн. наук


Н.М. Локотунина

Рецензент:
зав. кафедрой ТСиСА, д-р техн. наук


И.Ю. Мезин

Согласовано:
руководитель образовательной программы


А.Е. Гулин

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Инжиниринг уникальных материалов и инновационных технологий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Е.Гулин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Инжиниринг уникальных материалов и инновационных технологий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Е.Гулин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Инжиниринг уникальных материалов и инновационных технологий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Е.Гулин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Инжиниринг уникальных материалов и инновационных технологий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Е.Гулин

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Теория обработки металлов давлением» являются:

- обучение студентов теоретическим основам рационального построения, анализа технологической последовательности взаимодействия пластически обрабатываемого тела и инструмента в основных процессах обработки металлов давлением (ОМД);
- формирование у студентов основ знаний закономерностей и явлений, сопровождающих процессы ОМД;
- усвоение студентами гипотез, законов, теорий для определения напряженно-деформированного состояния, кинематических и силовых характеристик процессов ОМД;
- обретение навыков и умения на основе полученных знаний описывать и анализировать напряженно-деформированное состояние, кинематические и силовые характеристики в различных технологических процессах ОМД.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теория обработки металлов давлением входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Математика

Материаловедение

Физика

Основы механики процессов обработки металлов давлением

Сопротивление материалов

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

Технологии производства сортового проката

Технологии производства листового проката

Методы оптимизации процессов обработки металлов давлением

Технология производства гнутых профилей

Теория обработки металлов давлением (часть2)

Технология производства метизов

Производственная - технологическая (проектно-технологическая) практика

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория обработки металлов давлением» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-4	Способен определять организационные и технические меры для выполнения производственных заданий по выпуску горячекатаного проката
ПК-4.1	Анализирует устройство, состав, назначение, конструктивные особенности, принцип работы, правила эксплуатации и технического обслуживания оборудования, приборов и механизмов цеха по производству горячекатаного проката
ПК-4.2	Выявляет ключевые параметры технологических процессов участков цеха по производству горячекатаного проката, влияющие на

	качество готовой продукции
ПК-4.3	Оценивает производственную ситуацию в технологических отделениях цеха по производству горячекатаного проката. Контролирует качество горячекатаного проката на стадиях технологического процесса и готовой продукции

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 112,1 академических часов;
- аудиторная – 108 академических часов;
- внеаудиторная – 4,1 академических часов;
- самостоятельная работа – 68,2 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Теоретические основы обработки металлов давлением								
1.1 Напряженно-деформированное состояние металла при обработке металлов давлением	3	9		10/6И	15,9	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к практическому занятию	проверка индивидуальных заданий	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
1.2 Физическая природа пластической деформации		4	4/2И	4/1И	4	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторно-практическому занятию, выполнение практических работ (решение задач)	лабораторная работа №1, проверка индивидуальных заданий	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
1.3 Внешнее трение и неравномерность деформации		4	6/2И	5/1И	8	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторно-практическому занятию	контрольная работа №1, лабораторная работа №2	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3

1.4 Формоизменение и формообразование	6	6/ИИ	2/ИИ	7	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторно- практическому занятию	лабораторная работа №3	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
1.5 Свойствообразование и свойствоизменение	6	6/ИИ	1/ИИ	8	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подго овка к лабораторно- практическому занятию	контрольная работа №2, лабораторная работа №4	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
1.6 Аналитические и экспериментальные методы определения деформирующих усилий и напряжений в процессах ОМД. Пластичность и разрушение	7	14/4ИИ	14/8,8ИИ	25, 3	самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторно- практическому занятию, выполнение практических работ (решение задач)	семинар-дискуссия , лабораторная работа №5,6 проверка индивидуальных заданий, контрольная работа №3	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
Итого по разделу	36	36/10 И	36/18,8 И	68, 2			
Итого за семестр	36	36/10 И	36/18,8 И	68, 2		экзамен	
Итого по дисциплине	36	36/10 И	36/18,8 И	68, 2		экзамен	

5 Образовательные технологии

С целью реализации компетентностного подхода, а также формирования и развития профессиональных навыков обучающихся реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- формирование и развитие профессиональных навыков обучающихся на практических занятиях.

В изложении лекционного материала и при проведении практических занятий предполагается переход от репродуктивных методов обучения к частично-поисковым и исследовательским методам, развивающим логическое, теоретическое мышление, умение аргументировать и отстаивать собственное понимание вопроса. С этой целью возможно использование методов эвристических вопросов и брэйнсторминга (мозговой атаки).

Самостоятельная работа студентов должна быть направлена на закрепление теоретического материала, изложенного преподавателем, на проработку тем, отведенных на самостоятельное изучение, на подготовку к лабораторным занятиям, подготовку к итоговой аттестации.

В ходе занятий предполагается использование комплекса инновационных методов активного обучения студентов, включающего в себя:

- создание проблемных ситуаций с показательным решением проблемы преподавателем;
- самостоятельную поисковую деятельность в решении учебных проблем, направляемую преподавателем;
- самостоятельное решение проблем студентами под контролем преподавателя;
- использование технологии проектного обучения с организацией образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи.

Реализация инновационных методов обучения возможна с использованием следующих приемов:

- инструктаж студентов по составлению таблиц, схем, графиков с проведением последующего их анализа;
- применение рекомендаций по составлению тезисов и конспектов по прочитанному материалу;
- раскрытие преподавателем причин и характера неудач, встречающихся при решении проблем;
- демонстрация альтернативных подходов к решению конкретной проблемы;
- анализ полученных результатов и отыскание границ их применимости;
- использование заданий для самостоятельной работы с избыточными данными.

Кроме того, в процессе обучения лекции проходят как в традиционной форме, так и в форме лекций-консультаций, где теоретический материал заранее выдается студентам для самостоятельного изучения, для подготовки вопросов лектору. Таким образом, лекция проходит по типу вопросы-ответы-дискуссия.

Используются также информационно-коммуникационные образовательные технологии, такие как лекция-визуализация. В ходе этой лекции изложение содержания сопровождается презентацией.

Лекционный материал закрепляется в ходе практических или лабораторных работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме. При проведении таких занятий используется метод контекстного

обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением.

В качестве интерактивных методов используется учебная дискуссия, представляющая собой беседу, в ходе которой происходит обмен взглядами по конкретной проблеме. Данный метод используется при собеседованиях по обсуждению итогов выполнения лабораторных работ.

Так же используется семинар-дискуссия по заранее подготовленным темам.

Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе выполнения контрольной работы, в процессе подготовки к лабораторным работам и итоговой аттестации.

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. Каргин, В. Р. Теория обработки металлов давлением : учебное пособие / В. Р. Каргин. — Самара : Самарский университет, 2019. — 112 с. — ISBN 978-5-7883-1458-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/148619> (дата обращения: 27.09.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Гречников, Ф. В. Теория пластического деформирования металлов : учебник / Ф. В. Гречников, В. Р. Каргин. — Самара : Самарский университет, 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-7883-1597-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/256991> (дата обращения: 27.09.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Локотунина, Н. М. Основы теории и технологии процессов обработки металлов давлением : учебное пособие / Н. М. Локотунина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1314.pdf&show=dcatalogues/1/1123539/1314.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электрон-ный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Дорогобид, В. Г. Теоретические основы обработки металлов давлением : учебное пособие / В. Г. Дорогобид, А. Г. Корчунов, К. Г. Пивоварова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1415.pdf&show=dcatalogues/1/1123930/1415.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электрон-ный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. 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: 02.11.2020). — Режим доступа: для авто-риз. пользователей.

4. Шемшурова, Н. Г. Обработка металлов давлением (общий курс) : учебное

пособие / Н. Г. Шемшурова, Д. О. Пустовойтов ; МГТУ. - Магнитогорск, 2013. - 142 с. : ил.,
схемы, табл. - URL:
<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=618.pdf&show=dcatalogues/1/1107823/618.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0381-4. - Имеется печатный аналог.

в) Методические указания:

1. Локотунина, Н. М. Теория обработки металлов давлением : практикум / Н. М. Локотунина ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=4022.pdf&show=dcatalogues/1/1532670/4022.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Шемшурова, Н. Г. Классификация как метод поиска технического решения. Расчет давления металла на инструмент в процессах ОМД : учебное пособие / Н. Г. Шемшурова, С. А. Левандовский, М. М. Лотфрахманова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1171.pdf&show=dcatalogues/1/1121209/1171.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Шемшурова Н.Г., Чикишев Д.Н. Использование инженерного метода расчета контактных напряжений при осадке: Методич. указ. – Магнитогорск: ГОУ ВПО МГТУ, 2008. – 36 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
STATISTICA в.6	К-139-08 от 22.12.2008	бессрочно
Электронные плакаты по курсу "Машины и технология обработки материалов давлением"	К-227-12 от 11.09.2012	бессрочно
Deform3D	№173 от 20.12.2007	бессрочно
Abaqus Student Edition	свободно распространяемое ПО	бессрочно
QForm	Д-681-19 от 12.07.2019	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
----------------	--------

Электронная база периодических изданий East View Information	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным	URL: http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	URL: http://www1.fips.ru/
Российская Государственная библиотека. Каталоги да с н	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы и лоте и МГТУ им. П.И. Носова ___б б и к	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база	http://scopus.com
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/
Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний	http://www.springer.com/references

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

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 лабораторных занятий «Лаборатория ОМД» оснащена лабораторным оборудованием:
 - прокатный стан «ДУО»;
 - прессы гидравлические;
 - специализированной мебелью.
3. 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.
4. Учебная аудитория для выполнения курсовых проектов (работ) оснащена:
 - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - специализированной мебелью.
5. 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.
6. 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.
7. 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.

Приложение 1

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических и лабораторных занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде решения задач и обсуждения результатов, полученных в подгруппах при выполнении лабораторных работ.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде подготовки к лабораторным и практическим занятиям, подготовке к семинару-дискуссии, конспектирования с проработкой лекционного материала, выполнения индивидуальных заданий с консультациями преподавателя.

Перечень лабораторных работ по дисциплине

Инструктаж по технике безопасности в лаборатории ОМД.

№ 1. Закон наименьшего сопротивления.

Ознакомление с проявлением закона наименьшего сопротивления и правилом наименьшего периметра. Изучение соотношения между продольной и поперечной деформациями при различных видах обработки металлов давлением (осадке, прокатке).

№ 2. Неравномерность деформации при прокатке.

Изучение закономерности распределения деформаций при прокатке; влияния параметров несоответствия формы инструмента и деформируемого тела на величину и знак дополнительных напряжений и качество проката.

№ 3. Условие постоянства объема и коэффициенты деформации.

Условие постоянства объема позволяет связать размеры тела до и после пластической деформации и установить ряд зависимостей между коэффициентами деформаций, характеризующими степень формоизменения.

№ 4 Прессование порошковых материалов. Исследование прессуемости.

Изучение уплотняемости металлических порошков как одной из основных характеристик прессуемости. Определение давления прессования в зависимости от материала порошка, относительной плотности и технологических параметров процесса прессования.

№ 5. Трение при обработке металлов давлением.

Изучение влияния условий трения на контактной поверхности на изменение формы деформируемого тела и на величину коэффициента трения.

№6 Прессование металла.

Изучение процесса прессования металла. Исследование влияния степени деформации на усилие прессования.

Тематика практических занятий по дисциплине

1. Определение основных параметров процесса скольжения в решетках различного типа.
2. Определение сопротивления металла при горячей деформации методом термомеханических коэффициентов.
3. Аналитическое определение энергосиловых параметров процессов ОМД.
4. Кривые упрочнения при растяжении и сжатии. Построение кривой упрочнения по методике Шофмана.
5. Освоение инженерного метода расчета контактных напряжений при ОМД. Построение эпюр распределения напряжений при осадке полосы.

Темы для семинара-дискуссии

1. Явление сверхпластичности.
2. Использование металлов и сплавов с ультрамелкозернистой структурой.
3. Влияние температурно-скоростных условий на получаемые свойства металлов и сплавов.

Вопросы к рубежным контролям по дисциплине

Контрольная работа №1

1. Кристаллическое строение металлов.
2. Взаимодействие и перемещение дислокаций.
3. Пластическая деформация монокристалла.
4. Механизмы пластической деформации металла.
5. Механизмы образования дислокаций.
6. Механизмы торможения дислокаций.
7. Факторы, влияющие на пластические свойства металлов: химический состав, микро- и макроструктура, фазовый состав, скорость деформации.
8. Способы упрочнения металла.
9. Пластическая деформация поликристалла.
10. Наклеп и отдых металла с позиций теории дислокаций.
11. Полигонизация и рекристаллизация с позиций теории дислокаций.
12. Факторы, влияющие на пластические свойства металлов: окружающая среда, дробность деформации, механическая схема деформации.
13. Виды трения при ОМД.
14. Роль сил трения в процессах ОМД.
15. Виды смазок и требования к ним.
16. Виды смазок. Цели использования смазок при ОМД.
17. Факторы, влияющие на величину контактного трения.
18. Закон дополнительных напряжений. Продемонстрировать его действие на примере.
19. Неравномерность деформации в ОМД за счет неоднородности свойств деформируемого металла
20. Неравномерность деформации в ОМД за счет несоответствия формы инструмента и деформируемого тела
21. Неравномерность деформации в ОМД за счет сил контактного трения.
22. Особенности внешнего трения при ОМД.
23. Экспериментальные методы определения коэффициента трения: метод продольного угла захвата металла при прокатке.
24. Экспериментальные методы определения коэффициента трения: метод конусных бойков при осадке.

Контрольная работа №2

1. Холодная сварка как способ формообразования при ОМД.
2. Сварка взрывом как способ формообразования при ОМД.
3. Формообразование методом горячей сварки давлением.
4. Показатели формоизменения при ОМД.
5. Условие постоянства объема.
6. Формообразование методом прессования и спекания порошков.
7. Условие постоянства объема. Гипербола И.М.Павлова.
8. Условие наименьшего сопротивления при ОМД.
9. Понятие «свойствоизменение». Методы изменения свойств в процессе пластической деформации.
10. Обкатка и выглаживание как способы поверхностной пластической деформации (ППД).
11. Дробеструйная обработка как способ поверхностной пластической деформации (ППД).
12. Дрессировка металлов как способ свойствоизменения.

13. Явление ПНП (пластичность, наведенная превращением).
14. Явление сверхпластичности.
15. Понятие «свойствообразование». Методы образования свойств в процессе пластической деформации.
16. Теплая деформация как способ свойствообразования.

Контрольная работа №3

1. Диаграммы пластичности для расчета коэффициента использования запаса пластичности по методу В.Л. Колмогорова.
2. Частные случаи условия пластичности материала.
3. Показатели и методы оценки пластичности металлов.
4. Влияние механической схемы деформации на усилие деформирования и пластичность.
5. Сущность феноменологической теории разрушения В.Л. Колмогорова.
6. Условие пластичности Губера – Мизеса – Генки.
7. Кинетика процесса деформации и разрушения. Граничные условия пластического состояния металла.
8. Условия образования различных вариантов эпюр нормальных и касательных напряжений при осадке.
9. Суть метода решения приближенных уравнений равновесия и условия пластичности.
10. Микроструктурный метод исследования локальных напряжений.
11. Тензометрический метод в исследовании деформаций при ОМД.
12. Определение напряженно-деформированного состояния металла измерением твердости.
13. Использование муарового эффекта в исследовании прогибов поверхности металла.
14. Использование муарового эффекта в ОМД методом нанесения растров.
15. Особенности методов исследования: фотоупругости, фотопластичности, оптически чувствительных покрытий.
16. Явления поляризации и двойного лучепреломления. Принцип работы простейшего полярископа.
17. Исследование процессов пластического формоизменения с помощью координатной сетки (поэтапный метод и метод течения).
18. Исследование процессов пластического формоизменения с помощью координатной сетки (метод конечных деформаций).

Индивидуальные задания

Индивидуальное задание №1

Классификация процессов обработки металлов давлением.

Алгоритм выполнения приведен в методических указаниях:

Шемшурова, Н. Г. Классификация как метод поиска технического решения. Расчет давления металла на инструмент в процессах ОМД : учебное пособие / Н. Г. Шемшурова, С. А. Левандовский, М. М. Лотфрахманова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск.URL:<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1171.pdf&show=dcatalogues/1/1121209/1171.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

Индивидуальное задание №2

Выбрать механическое оборудование, необходимое для осадки полосы заданных размеров. Для расчета давления металла на инструмент использовать метод совместного решения приближенных уравнений равновесия и уравнения пластичности. Построить результирующие эпюры распределения нормальных и касательных напряжений на контактной поверхности металла с инструментом; выполнить анализ зависимости протяженности зон скольжения, торможения и прилипания от коэффициента контактного трения и геометрических параметров осаживаемой полосы. Сопротивление металла деформации рассчитать по методике Л.В. Андреюка и методом термомеханических коэффициентов по графикам и обобщенным формулам. Сделать выводы.

Задание, содержание, порядок выполнения, теоретическое обоснование работы см. в методических указаниях: Шемшурова Н.Г., Чикишев Д.Н. Использование инженерного метода расчета контактных напряжений при осадке: Методич. указ. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. – 36 с.

Перечень лабораторных работ по дисциплине

1. *Инструктаж по технике безопасности в лаборатории ОМД с учетом особенностей исследования процесса прокатки.*

2. *Комплексная лабораторная работа (лабораторный практикум) «Исследование основных закономерностей продольной прокатки». Выполняется для углубления и закрепления знаний, практических навыков, а также овладения методикой и техникой экспериментального изучения продольной прокатки как разновидности технологических процессов обработки металлов давлением. Цель исследования - экспериментальное изучение закономерностей захвата и установившегося процесса продольной прокатки, а также сравнение результатов экспериментов с известными теоретическими положениями теории прокатки. По результатам комплексного эксперимента, который производится в учебной лаборатории ОМД на лабораторном прокатном стане, оснащенный аппаратурой для измерения усилия прокатки, выполняются:*

- *расчет и анализ характеристик формоизменения (закрепление знаний и навыков расчета характеристик формоизменения при продольной прокатке; сравнение особенностей отображения изменения размеров прокатываемого металла различными характеристиками формоизменения);*
- *расчет и анализ параметров очага деформации (закрепление знаний и навыков расчета характеристик очага деформации при продольной прокатке по результатам выполненных экспериментов);*
- *изучение опережения и контактного трения (закрепление знаний и навыков экспериментального определения коэффициента трения при захвате и установившемся процессе продольной прокатки; закрепление знаний и навыков экспериментального определения и расчета опережения при продольной прокатке; выявление и сравнение с теоретическими положениями зависимости опережения от различных факторов прокатки);*
- *изучение уширения (закрепление знаний и навыков экспериментального определения и расчета уширения при продольной прокатке; выявление и сравнение с теоретическими положениями зависимости уширения от различных факторов прокатки)*
- *изучение влияния условий процесса на усилие прокатки (закрепление знаний и навыков измерения и расчета усилия продольной прокатки; выявление и сравнение с теоретическими положениями зависимостей напряжения текучести, среднего контактного давления и усилия прокатки от различных факторов процесса).*

Тематика практических занятий по дисциплине

1. Расчет параметров очага деформации при листовой и сортовой прокатке.
2. Расчет коэффициента трения и оценка условий захвата при листовой и сортовой прокатке.
3. Расчет вытяжки полосы при заданном режиме процессов листовой и сортовой прокатки
4. Определение скорости валков для обеспечения заданной скорости полосы при листовой и сортовой прокатке.
5. Расчет и оценивание энергосиловых параметров горячей прокатки листов.
6. Расчет и оценивание энергосиловых параметров при сортовой прокатке в двухвалковом калибре
7. Расчет и оценивание энергосиловых параметров холодной прокатки полос.

Вопросы к рубежным контролям по дисциплине

Контрольная работа №1

1. Отличие прокатки от других способов ОМД.
2. Продольная прокатка.
3. Поперечная прокатка.
4. Поперечно-винтовая прокатка.
5. Прокатка на гладкой бочке.
6. Прокатка в калибрах.
7. Свободная и несвободная прокатка.
8. Непрерывная прокатка и ее особенности.
9. Симметричная и несимметричная прокатка.
10. Прокатка с переменным зазором между валками.
11. Простой процесс прокатки.
12. Понятие о геометрическом очаге деформации.
13. Длина контактной поверхности.
14. Длина геометрического очага деформации.
15. Угол захвата.
16. Средние значения толщины и ширины полосы в очаге деформации.
17. Высота очага деформации и ее влияние на процесс прокатки.
18. Ширина формы очага деформации и ее влияние на процесс прокатки.
19. Фактический очаг деформации.
20. Внеконтактная высотная утяжка заднего конца полосы.
21. Гипотеза жестких концов (плоских сечений).
22. Фактическая форма линии контакта и теоретическая схема очага деформации с учетом сплющивания валков.
23. Величина радиального сжатия валка.
24. Длина очага деформации с учетом сплющивания валка.
25. Угол захвата с учетом сплющивания валка.
26. Полный угол контакта и радиус дуги контакта с учетом сплющивания валка.
27. Минимальная толщина полосы.
28. Расчет площади контакта при прокатке полосы прямоугольного сечения в цилиндрических валках.
29. Характерные размеры сечений полосы и калибра.
30. Расчет площади контакта при прокатке в калибрах методом интегрирования уравнения поверхности контакта.
31. Расчет площади контакта при прокатке в калибрах методом приведенной полосы.
32. Расчет площади контакта при прокатке в калибрах методом соответственной полосы.

Контрольная работа № 2

1. Фазы процесса прокатки. Особенности установившегося процесса.
2. Условие постоянства секундного объема.
3. Естественный захват прямоугольной полосы гладкими.
4. Естественный захват в калибрах при первоначальном контакте по вертикальной оси калибра.
5. Естественный захват в калибрах при первоначальном контакте по стекам калибра.
6. Обобщенное условие начального захвата.
7. Принудительный захват.
8. Схема сил при установившемся процессе.
9. Уравнение равновесия полосы и величина нейтрального угла при установившемся процессе.
10. Максимальный возможный угол захвата при установившемся процессе.
11. Условие прокатки без пробуксовки валков по полосе.
12. Особенности распределения сил трения по дуге контакта.
13. Сущность коэффициента трения при прокатке.
14. Определение коэффициента трения методом максимального угла захвата.
15. Определение коэффициента трения методом предельного обжатия.
16. Определение коэффициента трения методом опережения.
17. Соотношения коэффициентов трения при захвате и установившемся процессе.
18. Законы трения, применяемые в теории прокатки.
19. Показатель сил трения.
20. Влияние материала полосы на коэффициент трения.
21. Влияние материала и состояния поверхности валков на коэффициент трения.
22. Влияние технологических смазок на коэффициент трения.
23. Влияние температуры прокатки на коэффициент трения.
24. Влияние скорости прокатки на коэффициент трения.

Контрольная работа № 3

1. Опережение и его идентификация.
2. Соотношение между скоростями валков и полосы в очаге деформации.
3. Некоторые зависимости для расчета нейтрального угла.
4. Оценка применимости формул Эжелунда-Павлова и Файнберга.
5. Пределы изменения нейтрального угла при простом процессе прокатки.
6. Механизмы изменения нейтрального угла при простом процессе прокатки.
7. Нейтральный угол как регулятор процесса прокатки.
8. Теоретическое определение опережения при прокатке на гладкой бочке.
9. Влияние на опережение диаметра валка.
10. Влияние обжатия на опережение.
11. Влияние натяжения на опережение.
12. Влияние толщины полосы на опережение.
13. Явление прилипания при прокатке.
14. Соотношение между скоростями валков и полосы при наличии зоны прилипания.
15. Влияние прилипания на форму критического сечения.

Контрольная работа № 4

1. Основная механическая схема деформации при прокатке.
2. Дополнительные напряжения и трансформация схемы напряженного состояния.
3. Особенности продольного движения металла в низком очаге деформации.
4. Особенности распределения продольного напряжения в низком очаге деформации.

5. Особенности продольного движения металла в высоком очаге деформации.
6. Особенности продольного напряжения в высоком очаге деформации.
7. Форма поперечного сечения полосы после прокатки при различной высоте очага деформации.
8. Уширение и его значение для технологии прокатки.
9. Виды уширения.
10. Составляющие уширения.
11. Расчетная величина уширения.
12. Влияние обжатия на уширение.
13. Влияние диаметра валков на уширение.
14. Влияние исходной ширины полосы на уширение.
15. Влияние ширины очага деформации на уширение.
16. Влияние внешних зон на уширение.
17. Влияние коэффициента трения на уширение.
18. Влияние скорости прокатки на уширения.
19. Влияние химсостава стали на уширение.
20. Влияние натяжения и подпора на уширение.
21. Влияние дробности деформации на уширение.
22. Учет вынужденного уширения при листовой прокатке.

Контрольная работа № 5

1. Энергосиловые параметры в системе «валки-полоса».
2. Нагрузка на двигатель привода через шестеренную клеть.
3. Усилие прокатки и среднее контактное давление.
4. Связь усилия прокатки и среднего контактного давления с контактными напряжениями.
5. Контактные напряжения при прокатке.
6. Варианты распределения нормальных контактных напряжений.
7. Особенности распределения контактных напряжений при $l_x/h_{cp} = > 5$.
8. Особенности распределения контактных напряжений при $l_x/h_{cp} = 2 \dots 5$.
9. Особенности распределения контактных напряжений при $l_x/h_{cp} = 0,5 \dots 2$ и $l_x/h_{cp} < 0,5$.
10. Элементарный объем очага деформации и воздействия на него.
11. Продольные силы, приложенные к элементу очага деформации.
12. Дифференциальное уравнение равновесия элемента очага деформации.
13. Решение дифференциального уравнения равновесия элемента очага деформации.
14. Уравнение Кармана.
15. Расчетная схема и допущения А.И. Целикова.
16. Граничные условия для решения уравнения Кармана.
17. Уравнения контактных давлений по А.И. Целикову.
18. Влияние коэффициента трения на контактное давление.
19. Влияние обжатия на контактное давление.
20. Влияние диаметра валков на контактное давление.
21. Влияние заднего натяжения на контактное давление.
22. Влияние переднего натяжения на контактное давление.
23. Совместное влияние переднего и заднего натяжения на контактное давление.
24. Структура формулы для расчета среднего контактного давления.
25. Влияния ширины полосы на среднее контактное давление.
26. Влияние внешних зон на среднее контактное давление.
27. Влияние натяжения на среднее контактное давление.

28. Влияние контактного трения на среднее контактное давления.
29. Особенности расчета среднего контактного давления и усилия холодной листовой прокатки.
30. Особенности расчета коэффициента напряженного состояния при прокатке в калибрах.
31. Момент деформации как момент сил контактного трения.
32. Момент деформации как момент усилия прокатки.
33. Закономерности изменения коэффициента плеча.
34. Момент прокатки с натяжением.

Приложение 2

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
ПК-4 Способен определять организационные и технические меры для выполнения производственных заданий по выпуску горячекатаного проката		
ПК-4.1.	Анализирует устройство, состав, назначение, конструктивные особенности, принцип работы, правила эксплуатации и технического обслуживания оборудования, приборов и механизмов цеха по производству горячекатаного проката	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Влияние механической схемы деформации на пластичность деформируемого металла. 2. Охарактеризуйте условия образования различных вариантов эпюр контактных напряжений при осадке (от каких факторов и как зависит протяженность зон скольжения, торможения и прилипания?). 3. Феноменологическая теория разрушения металла по В.Л. Колмогорову. Диаграмма пластичности. 4. Экспериментальные методы исследования напряженно-деформированного состояния металла в процессах ОМД. 5. Инженерный метод определения контактных напряжений при осадке полосы неограниченной длины. 6. Энергетическое условие пластичности. 7. Влияние механической схемы деформации на усилие деформирования металла. 8. Особенности методов исследования: фотоупругости, фотопластичности, оптически чувствительных покрытий. 9. Охарактеризуйте следующие факторы, влияющие на пластические свойства металлов: химический состав, микро- и макроструктура,

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>фазовый состав.</p> <p>10. Факторы, влияющие на величину контактного трения.</p> <p>11. Проследите кинетику процесса деформирования и разрушения металла.</p> <p>12. Определения напряженно-деформированного состояния методом измерения твердости.</p> <p>13. Способы упрочнения металла.</p> <p>14. Охарактеризуйте формообразование металлического порошка методом прессования и спекания.</p> <p style="text-align: center;">6 семестр</p> <p><i>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</i></p> <p>1. Геометрический очаг деформации и его параметры (Длина контактной поверхности. Длина геометрического очага деформации. Угол захвата. Средние значения толщины и ширины полосы в очаге деформации. Характеристики формы очага деформации).</p> <p>2. Геометрия очага деформации с учетом сплющивания валков (Фактическая форма линии контакта. Теоретическая схема очага деформации с учетом сплющивания валков. Величина радиального сжатия валка. Длина очага деформации с учетом сплющивания валка. Угол захвата с учетом сплющивания валка. Проблема пластического обжатия полосы при холодной прокатке).</p> <p>3. Площадь контактной поверхности (Расчет площади контакта при прокатке полосы прямоугольного сечения в цилиндрических валках. Метод приведенной полосы. Метод соответственной полосы).</p> <p>4. Расчет опережения и его изменение в связи с условиями прокатки (Теоретическое определение опережения при прокатке на гладкой бочке. Влияние на опережение диаметра валка. Влияние обжатия на опережение. Влияние натяжения на опережение. Явление прилипания при прокатке. Соотношение между скоростями валков и полосы при наличии зоны прилипания. Влияние прилипания на форму критического сечения).</p> <p>5. Теоретическое определение свободного уширения.</p> <p>6. Понятие об энергосиловых параметрах прокатки (Энергосиловые параметры в системе «валки-полоса». Нагрузка на двигатель привода</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>через шестеренную клеть).</p> <p>7. Усилие прокатки и среднее контактное давление (Понятия об усилии прокатки и среднем контактном давлении. Связь усилия прокатки и среднего контактного давления с контактными напряжениями).</p> <p>8. Расчет среднего контактного давления (Факторы контактного давления. Влияния ширины полосы на среднее контактное давление. Влияние внешних зон на среднее контактное давление. Влияние натяжения на среднее контактное давление. Влияние контактного трения на среднее контактное давления. Особенности расчета среднего контактного давления и усилия холодной листовой прокатки. Особенности расчета коэффициента напряженного состояния при прокатке в калибрах).</p> <p>9. Расчет момента прокатки (Момент деформации как момент сил контактного трения. Момент деформации как момент усилия прокатки. Закономерности изменения коэффициента плеча. Момент прокатки с натяжением).</p>
ПК-4.2.	Выявляет ключевые параметры технологических процессов участков цеха по производству горячекатаного проката, влияющие на качество готовой продукции	<p>Примерные практические задания для экзамена:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Запишите уравнение пластичности металла для условий линейного напряженного состояния, плоского напряженного состояния, объемного напряженного состояния. 2. Выразите граничные условия пластического состояния металла через соотношение скоростей развития и залечивания микродефектов. 3. Запишите и поясните формулу для определения сопротивления металла пластической деформации методом термомеханических коэффициентов. 4. Запишите уравнения связи между напряжениями и деформациями для области упругой деформации, для области пластической деформации. 5. Запишите уравнения связи между напряжениями и деформациями для области упругой деформации, для области упругой деформации.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>6. Запишите уравнения связи между напряжениями и деформациями для области упругой деформации, для области упруго-пластической деформации.</p> <p>Примерные практические задания для экзамена:</p> <p>1. Запишите и обоснуйте условие естественного начального захвата (Естественный захват прямоугольной полосы гладкими валками. Естественный захват в калибрах при первоначальном контакте по вертикальной оси калибра. Обобщенное условие начального захвата).</p> <p>2. Запишите и обоснуйте условие захвата при установившемся процессе (Схема сил при установившемся процессе. Уравнение равновесия полосы и величина нейтрального угла. Максимальный возможный угол захвата при установившемся процессе).</p> <p>3. Запишите и обоснуйте соотношение скоростей металла и валков в различных зонах очага деформации (Опережение и его идентификация. Соотношение между скоростями валков и полосы в очаге деформации).</p> <p>4. Выведите дифференциальное уравнение нормальных контактных напряжений (Элементарный объем очага деформации и воздействия на него. Продольные силы, приложенные к элементу очага деформации. Дифференциальное уравнение равновесия элемента очага деформации. Решение дифференциального уравнения равновесия элемента очага деформации. Уравнение Кармана).</p> <p>5. Воспроизведите решение уравнения Кармана А.И. Целиковым (Расчетная схема и допущения А.И. Целикова. Граничные условия и постоянные интегрирования. Уравнения контактных давлений по А.И. Целикову).</p>
ПК-4.3.	Оценивает производственную ситуацию в технологических отделениях цеха по производству горячекатаного проката. Контролирует качество	<p>Задания на решение задач из профессиональной области:</p> <p>1. Определить усилие деформации при холодной прокатке листа.</p> <p>2. Определить усилие деформации при горячей прокатке листа.</p> <p>3. Определить усилие деформации при сортовой прокатке.</p> <p>4. Определить усилие деформации при</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	горячекатаного проката на стадиях технологического процесса и готовой продукции	<p>волочении проволоки.</p> <p>5. Определить усилие деформации при прессовании круглого профиля.</p> <p style="text-align: center;">6 семестр</p> <p><i>Задания на решение задач из профессиональной области:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Определить параметры очага деформации при заданных условиях прокатки. 2. Определить коэффициент вытяжки при заданных условиях прокатки. 3. Определить скорость валков, которая обеспечит требуемую скорость полосы при заданных условия. 4. Определить скорость полосы при заданной скорости валков.

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

При подготовке к экзамену необходимо ознакомиться с *Программой курса*.

Студентам предоставляется программа изучения дисциплины с указанием источников, где можно найти основной материал по данной теме.

Работа студентов состоит в проработке обзорного лекционного материала, в изучении по учебникам программного материала и рекомендованных преподавателем литературных источников, выполнении расчетных работ, в решении аналогичных задач по данной тематике, ознакомлении с методическими материалами по данной теме. Методические материалы находятся на кафедре ТОМ (ауд. 2/9). Web-ориентированные методические материалы размещены на сайте МГТУ.

Изучение рекомендованной дополнительной литературы целесообразнее начинать с общих фундаментальных работ, а затем переходить к частным работам, статьям; в случае анализа новейших разработок и технологий - с журнальных статей.

Поиски нужной литературы нужно начинать с просмотра библиотечных систематических каталогов, реферативных журналов. О помещенных в журналах статьях можно узнать из выходящей еженедельно «Летописи журнальных статей», из библиографических указателей новой литературы. Указания на имеющуюся литературу по конкретным вопросам можно найти в сносках монографий, статей, учебников.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

ЗАДАНИЕ
на выполнение курсовой работы по дисциплине
«Теория обработки металлов давлением»

Вариант _____

Студенту гр. _____

1. Теоретические вопросы

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

2. Для условий прокатки, указанных в таблице 1, выполнить:

1. Расчет характеристик очага деформации
2. Расчет коэффициентов контактного трения и проверку возможности прокатки по условиям захвата
3. Расчет уширения и размеров прокатанной полосы
4. Расчет показателей формоизменения
5. Анализ кинематики процесса и расчет скорости полосы
6. Расчет усилия прокатки
7. Расчет момента прокатки

Таблица 1

Марка стали	Размеры раската, мм					Условия прокатки		
	До прокатки			После прокатки		D_p , мм	V , м/с	t , °C
	h_0	b_0	l_0	h_1	b_1			

3. Для условий прокатки, указанных в таблице 2, выполнить:

1. Расчет характеристик формоизменения
2. Расчет коэффициента контактного трения
3. Расчет напряжения текучести
4. Проверку ограничения по возможности пластического обжатия
5. Расчет усилия прокатки
6. Расчет момента прокатки

Таблица 2

Материал и размеры (мм) полосы					Натяжение, кН		Характеристики валка		
Сталь	Подкат		Полоса		Q0	Q1	D_p , мм	R_a , мкм	v , м/с
	H	b	h0	h1					

Задание выдано _____ (М.И. Румянцев)

Задание принято _____

Срок сдачи _____