

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра материаловедения и технологии материалов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Д.В.Э.2.2 Оборудование и обработка пластическим деформированием»

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки

15.04.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Повышение износостойкости и восстановление деталей

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Год набора 2025

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.В.Э.2.2 Оборудование и обработка пластическим деформированием» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра материаловедения и технологии материалов

наименование кафедры

протокол № 7 от "4" февраля 2025 г.

Заведующий кафедрой

материаловедения и технологии материалов

наименование кафедры

подпись

Юршев В.И.

расшифровка подписи

Исполнители:

доцент

должность

подпись

Тавтилов И.Ш.

расшифровка подписи

должность

подпись

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

15.04.01 Машиностроение

код наименование

личная подпись

Юршев В.И.

расшифровка подписи

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов

личная подпись

Биктимирова С.А.

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству от АКИ

личная подпись

Черноусова А.М.

расшифровка подписи

№ регистрации _____

© Тавтилов И.Ш., 2025

© ОГУ, 2025

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов общего представления о современном состоянии и направлениях развития теоретической базы процессов обработки металлов давлением

Задачи:

1 Умение использовать знания общих закономерностей обработки металлов давлением, особенностей поведения металлов и сплавов в различных термомеханических и физико-химических условиях обработки давлением для объяснения сути и механизмов происходящих при деформации металлов и сплавов.

2 Умение выбирать методы и средства для определения характеристик напряженно-деформированного состояния металла, энергосиловых параметров процессов ОМД в соответствии с действующими стандартами (техническими регламентами), а также анализировать полученные результаты

3 Владение механизмами физических процессов формоизменения металлических материалов, определяющими изменения их физико-механических свойств, с целью управления их значениями и оптимизации технологического процесса.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам (модулям) по выбору вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.8 Узлы и детали машиностроительных производств*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-1 Способен проводить научные исследования, подготавливать заявки на изобретения и полезные модели, выполнять работы по стандартизации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов	ПК*-1-В-1 Проводит анализ научно-технической информации и результатов исследований ПК*-1-В-2 Разрабатывает технические средства, процессы, оборудование, материалы, методики, планирует и проводит эксперименты, оформляет результаты исследований, проводит их анализ, подготавливает заявки на объекты интеллектуальной собственности	<u>Знать:</u> - методологию основ анализа научно-технической информации и результатов исследований в технологии обработки металлов давлением. <u>Уметь:</u> - разрабатывать технические средства, процессы, оборудование, материалы, методики технологических процессов пластического деформирования заготовок. <u>Владеть:</u> - навыками планировать и проводить эксперименты с использованием прогрессивных технологий обработки металлов давлением и современных средств

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		технологического оснащения.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	2 семестр	всего
Общая трудоёмкость	108	108
Контактная работа:	38,25	38,25
Лекции (Л)	20	20
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: - выполнение индивидуального творческого задания (ИЗ); самостоятельное изучение отдельных вопросов разделов 1-9; - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к практическим занятиям; - изучение разделов курса в системе электронного обучения; - подготовка к рубежному контролю.	69,75	69,75
Вид итогового контроля	зачет	

Разделы дисциплины, изучаемые в 2 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение в теорию обработки металлов давлением	10	2	2		6
2	Теория напряжений и деформаций в ОМД	10	2			8
3	Неравномерность деформаций в процессах ОМД. Тепловые явления в процессах ОМД	14	4	2		8
4	Физические основы пластической деформации	10	2			8
5	Основные законы пластической деформации	12	2	2		8
6	Сопротивление металлов и сплавов деформации	14	2	4		8
7	Трение в процессах обработки металлов давлением	12	2	2		8
8	Пластичность и деформируемость металлов при обработке давлением	12	2	2		8
9	Методы расчета формоизменения и энергосиловых параметров при обработке металлов давлением	14	2	4		8
	Итого:	108	20	18		70
	Всего:	108	20	18		70

4.2 Содержание разделов дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в теорию обработки металлов давлением	Пластическая деформация как способ получения изделий из металлов. Предмет механики сплошных сред. Теория пластичности как составляющая часть механики сплошной среды. Гипотеза сплошности. Гипотеза однородности материального тела. Гипотеза изотропности материального тела. Роль русских и зарубежных ученых в становлении и развитии дисциплины Перечень ограничений, типичных для процессов ОМД, применительно к которым дается изложение отдельных разделов теории пластичности. Малые и большие градиенты напряжений. Малые и большие нагрузки. Медленное и быстрое деформирование. Механизм перемещения частиц деформируемого тела. Элементы тензорного исчисления. Буквенные, подстрочные индексы. Понятие тензора. Действия над тензорами.
2	Теория напряжений и деформаций ОМД	Определение вектора напряжения. Напряженное состояние в точке тела. Нормальные и касательные напряжения. Напряжение на наклонной площадке. Направляющие косинусы. Определение тензора напряжений. Приведение тензора напряжений к диагональному виду. Инварианты тензора напряжений. Связь между компонентами, определяющими поле тензора напряжений. Деформированное состояние в точке тела. Перемещение частиц тела. Тензор скорости и его свойства. Интенсивность скоростей деформации сдвига. Дифференциальное уравнение неразрывности. Условие несжимаемости материала. Параметрические уравнения траектории перемещения частицы. Тензор приращений деформаций. Степень деформации сдвига. Реологические модели сред. Полная система дифференциальных уравнений. Упрощения системы уравнений теории пластичности. Изотермическая деформация. Течение без массовых сил. Плоское деформированное состояние. Плоское напряженное состояние. Идеальная пластичность. Вид уравнений в цилиндрической системе координат.
3	Неравномерность деформаций в процессах ОМД. Тепловые явления в процессах ОМД	Причины возникновения неравномерности деформации: влияние внешнего трения, внешних зон деформируемого тела, несоответствие формы инструмента форме деформируемого тела, неоднородность физико-механических свойств деформируемого металла по объему. Способы уменьшения неравномерности деформации. Дополнительные напряжения, их связь с неравномерностью деформации. Влияние дополнительных напряжений на качество готовых изделий. Остаточные напряжения, их роль при ОМД, способы определения и методы устранения. Тепловой эффект при пластической деформации. Уравнение теплового баланса для элемента объема. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Граничные условия для уравнения теплопроводности.
4	Физические основы	Холодная, горячая и теплая деформации. Классификация процессов ОМД по температурным условиям. Природа

	пластической деформации	пластической деформации. Кристаллическое строение металлов. Понятие элементарной ячейки. Типы кристаллических решеток. Моно- и поликристаллы. Механизм пластической деформации. Пластическая деформация монокристалла. Скольжение и двойникование. Особенности пластической деформации поликристаллов. Внутрикристаллитная и межкристаллитная деформации.
5	Основные законы пластической деформации	Понятие пластической и упругой деформации. Закон сохранения массы. Условие постоянства объема. Условие несжимаемости. Условие постоянства секундных объемов. Примеры их практического применения. Закон подобия. Принципы наименьшего сопротивления, кратчайшей нормали и наименьшего периметра. Особенности их проявления при различных условиях трения на контакте деформируемого металла с инструментом.
6	Сопротивление металлов и сплавов деформации	Пластическая деформация при различных температурно-скоростных условиях. Понятие сопротивления деформации. Параметры, на которые оказывает влияние сопротивление деформации. Процессы возврата и рекристаллизации. Стандартизованные методы определения сопротивления деформации (растяжение, сжатие и кручение). Сущность каждого из перечисленных методов, расчетные формулы, преимущества и недостатки. Показатели, характеризующие величину деформации при том или ином методе испытания. Сопротивление деформации при холодной обработке. Механизм и графическое изображение упрочнения при холодной деформации. Анизотропия свойств получаемых изделий. Текстура деформации. Гипотеза единой кривой. Сопротивление деформации при повышенных температурах. Понятие о скорости деформации и скорости деформирования. Конструкция и принцип действия кулачкового пластометра для определения сопротивления деформации. Зависимость сопротивления деформации от термомеханических параметров. Физическая природа влияния отдельных факторов (химический состав, структура, температура, скорость и степень деформации, история нагружения) на сопротивление деформации.
7	Трение в процессах обработки металлов давлением	Понятие внешнего (контактного) трения. Отличия трения при ОМД и в деталях машин. Роль трения в процессах ОМД. Виды трения: сухое, граничное и жидкостное. Модель взаимодействия деформируемого металла с инструментом. Основные показатели, характеризующие условия трения на контакте. Законы трения Амонтона-Кулона и Зибеля. Параметры, определяющие области их предпочтительного применения. Влияние на коэффициент трения: состояния поверхности деформирующего инструмента, свойств обрабатываемого тела, твердости материала инструмента, температуры деформации, скорости скольжения металла по инструменту. Технологические смазки при ОМД, их назначение и классификация. Способы нанесения смазки на контактную поверхность. Методы экспериментального определения показателей трения. Схема установки, позволяющей производить смещение металла по поверхности инструмента с одновременным измерением силы трения и нормальной нагрузки. Устройство и принцип действия трибометра.

8	Пластичность и деформируемость металлов при обработке давлением	Понятие пластичности и деформируемости металла. Показатели пластичности и их взаимосвязь между собой. Влияние на пластичность состава и структуры деформируемого металла. Основные показатели напряженного состояния и их влияние на пластичность металла. Влияние на пластичность: неравномерности деформации, температуры обработки, скорости деформации, степени деформации, режима термической обработки. Основы расчета предельных деформаций при ОМД. Оценка вероятности разрушения. Понятие монотонной и немонотонной деформации. Условия деформирования металла без разрушения при различном развитии деформации во времени. Методы экспериментального определения пластических характеристик металла. Схема испытания для определения пластических свойств металлов в камере высокого давления. Принцип построения диаграммы пластичности и некоторые выводы, которые можно сделать на основе ее анализа. Модель восстановления запаса пластичности при отжиге холоднодеформированных изделий. Диаграмма, характеризующая стадии накопления поврежденности металла при деформации и возможности ее уменьшения при последующей термообработке. Пластичность металлов при горячей обработке. Понятие сверхпластичности металла.
9	Методы расчета формоизменения и энергосиловых параметров при обработке металлов давлением	Общая постановка аналитических задач в теории ОМД. Метод, основанный на решении упрощенной системы дифференциальных уравнений теории пластичности. Сущность инженерного метода (метода тонких сечений) нахождения компонентов напряженно-деформированного состояния осесимметричных заготовок в установившихся процессах пластического деформирования. Особенности реализации инженерного метода при решении задач в цилиндрической системе координат. Сущность энергетического метода (метода баланса мощностей). Общий вид уравнения баланса мощностей и определение отдельных его составляющих. Особенности реализации энергетического метода при решении задач в цилиндрической системе координат. Сущность метода линий скольжения применительно к плоской деформации несжимаемого идеально пластичного материала. Дифференциальные уравнения линий скольжения. Свойства линий скольжения.

4.3 Практические занятия

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Определение вектора напряжений на площадке, заданной различными способами	2
2	3	Исследование распределения нормальных контактных напряжений при свободной осадке.	2
3	5	Основные законы пластической деформации	2
4	6	Определение сопротивления деформации методом сжатия цилиндрических образцов.	2
5	6	Влияние степени деформации при холодной прокатке полосы на ее конечные механические свойства	2

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
6	7	Влияние внешнего трения на формоизменение параллелепипеда при осадке.	2
7	8	Оценка ресурса пластичности металла при реализации различных схем деформирования.	2
8	9	Оценка влияния показателя схемы напряженного состояния на пластичность металлов при растяжении.	2
9	9	Влияние отжига на деформируемость проволоки при волочении	2
		Итого:	18

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1 Технологические процессы машиностроительного и ремонтного производства [Текст] : учеб. для вузов / [С. И. Богодухов и др.]; под общ. ред. С. И. Богодухова ; ФГБОУ ВО "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : Университет, 2012. - 713 с. - ISBN 978-5-4417-0029-0.

2 Технологические процессы в машиностроении [Текст] : учеб. для вузов / С. И. Богодухов [и др.]; под ред. С. И. Богодухова. - Старый Оскол : ТНТ, 2011. - 624 с. : - ISBN 978-5-94178-270-3.

5.2 Дополнительная литература

1 Материаловедение и технологические процессы в машиностроении [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / С. И. Богодухов [и др.]; под ред. С. И. Богодухова.- 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2017. - 560 с. : ил.; 32,55 печ. л. - Библиогр.: с. 558-559. - ISBN 978-5-94178-220-8.

2 Килов, А. С. Практикум по заготовительно-штамповочному производству и обработке металлов давлением [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение / А. С. Килов, И. Ш. Тавтилов; под общ. ред. В. И. Юршева. ФГБОУ ВО «Оренбург. гос. ун-т».- 2-е изд., перераб. и доп. - Оренбург : ОГУ. - 2016. - ISBN 978-5-7410-1605-3. - 145 с. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/32437_20161202.pdf

5.3 Периодические издания

1 Вестник машиностроения: журнал. - М. : Агентство «Роспечать», 2015-2024.

2 Технология машиностроения: журнал. - М. : Агентство «Роспечать», 2015-2024.

5.4 Интернет-ресурсы

1 Ресурсы электронной библиотеки Регионального портала образовательного сообщества Оренбуржья: [сайт]. – Режим доступа: <http://www.orenport.ru/>).

2 Федеральный институт промышленной собственности: [сайт]. – Режим доступа: <http://www.fips.ru>.

3 Ежемесячное периодическое научно-техническое и производственное печатное издание «Черные металлы»: [сайт] – Режим доступа: <https://www.rudmet.ru/catalog/journals/5/>

4 Ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Материаловедение и термическая обработка металлов»: [сайт] – Режим доступа: <http://mitom.folium.ru/>

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

1 Операционная система РЕД ОС для образовательных целей (лицензионный договор от 07.10.2022 № 239/44) и операционная система РЕД ОС. Стандартная ред. (также договора от 09.12.2022 № 311/44). Режим доступа: <https://redos.red-soft.ru/>;

2 Пакет офисных приложений LibreOffice. Режим доступа: <https://ru.libreoffice.org/>;

3 Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования – АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет). Режим доступа <http://aist.osu.ru>;

4 ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2025]. Режим доступа: <http://garant.net.osu.ru>;

5 Университетская платформа электронного обучения «Электронные курсы ОГУ в системе обучения Moodle» Режим доступа: <http://moodle.osu.ru>;

6 Для проведения онлайн мероприятий и видеоконференций используется платформа «DION» (Конфигурация «DION EDU») На основании договора № 13/223-4.2.1.35/40-03 от 14.02.2025 г. Срок действия лицензий с 14.02.2025 г по 14.02.2026.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа оснащены комплектами ученической мебели, мультимедийным проектором, доской, экраном, тематическими стендами, плакатами, схемами.

Для проведения лабораторных занятий используются:

- лаборатория технологических процессов машиностроения, в которой имеются нагревательные печи для плавления металла, кривошипные, гидравлические прессы и оборудование для металлосберегающих технологий (накатка резьбы, ротационное обжатие и другие).

- лаборатория сварочного оборудования и сварочных процессов, в которой имеются: источники питания постоянного и переменного тока, сварочные посты, сварка в среде углекислого газа, полуавтоматы и автоматы для сварки: выпрямители сварочные; машина контактной сварки; комплект оборудования для автоматической дуговой сварки и наплавки с блоком управления; сварочный аппарат для сварки нержавеющей стали и алюминия; сварочный аппарат, установка электроискрового легирования; металлатор электродуговой; автоматическая сварка под слоем флюса, аппарат точечной сварки, лазерная технологическая установка».

- лаборатория металлообработки со станками: токарные, сверлильные, шлифовальные, фрезерные и другие.

Помещение для самостоятельной работы, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

Для обучения и контроля предусмотрено применение тематических стендов, информационно-измерительных систем, комплектов плакатов, схем, натуральных образцов, таблиц, раздаточного материала для иллюстраций лекций. Необходимые технические и электронные средства обучения и контроля имеются в лабораториях, располагающихся в перечисленных выше аудиториях.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа оснащены комплектами ученической мебели, мультимедийным проектором, доской, экраном, тематическими стендами, плакатами, схемами.

Для проведения практических занятий используются:

- лаборатория технологических процессов машиностроения, в которой имеются нагревательные печи для плавления металла, кривошипные, гидравлические прессы и оборудование для металлосберегающих технологий (накатка резьбы, ротационное обжатие и другие).

- лаборатория металлообработки со станками: токарные, сверлильные, шлифовальные, фрезерные и другие.

Помещение для самостоятельной работы, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

Для обучения и контроля предусмотрено применение тематических стендов, информационно-измерительных систем, комплектов плакатов, схем, натуральных образцов, таблиц, раздаточного материала для иллюстраций лекций. Необходимые технические и электронные средства обучения и контроля имеются в лабораториях, располагающихся в перечисленных выше аудиториях.