Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра обработки металлов давлением и материаловедения. ЕВРАЗ ЗСМК

УТВЕРЖДАЮ
Директор института металлургии и материаловедения
_____ А.А. Уманский
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Обработка металлов давлением

2.6.4 «Обработка металлов давлением»

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: f751bff68056aa81d7a4109cd019dba418043418
Владелец: Директор ИМиМ Уманский Александр Александрович
Действителен: с 17 мая 2024 г. по 10 августа 2025 г.
Дата и время: 31-01-2025 14:19:50 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– формирование и развитие у аспирантов компетенций, позволяющих осуществлять планирование и проведение научных исследований в области обработки металловд давлением.

Задачами учебной дисциплины являются:

– показать использование полученных знаний в исследовательской работе и практике производства изделий.

2 Место учебной дисциплины в структуре программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Учебная дисциплина относится к **образовательному компоненту «Дисциплины (модули)»** программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– История и философия науки;
– Конкурсное и грантовое сопровождение научно-исследовательской деятельности;
– Кандидатский экзамен по истории и философии науки;
– Зачет по конкурсному и грантовому сопровождению научно-исследовательской деятельности;
– Зачет с оценкой по практике.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые аспирантами по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Научная (научно-исследовательская) деятельность аспиранта;
– Подготовка публикаций по основным научным результатам;
– Представление публикаций по основным научным результатам;
– Оценка диссертации на предмет ее соответствия критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом "О науке и государственной научно-технической политике".

3 Планируемые результаты освоения учебной дисциплины

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на достижение следующих **образовательных результатов**:

Код и наименование ОР3	Планируемые результаты обучения
ОР3: использует современные методы и технологии для совершенствования процессов обработки металлов давлением	– знать: основы обработки металлов давлением для решения актуальных научных проблем в области обработки металлов давлением. – уметь: использовать современные достижения обработки металлов

	давлением для решения актуальных научных проблем в области обработки металлов давлением.

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы аспирантов.

Контактная работа аспирантов с педагогическим работником включает в себя занятия лекционного типа (лекции) и индивидуальную работу аспирантов с педагогическим работником, а также иную контактную работу, предусматривающую групповую или индивидуальную работу аспирантов с педагогическим работником. Контактная работа аспирантов с педагогическим работником может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде.

Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		***ИТОГО***	***6 семестр***	***7 семестр***
Трудоёмкость	*академ. час.*	***100***	*36*	*64*
Лекции, *академ. час.*		***44***	*24*	*20*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***56***	*12*	*44*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Контроль, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Теория обработки металлов давлением (Основные этапы и направления развития теории обработки металлов давлением. Деформация сплошной среды. Переменные Лагранжа и Эйлера. Тензоры конечных деформаций. Тензор малой деформации. Девиатор деформации. Инвариантны тензора и девиатора деформации. Главные деформации, интенсивность деформаций сдвига.
Течение сплошной среды. Поле вектора скорости. Линии тока и траектории.
Тензор и девиатор скорости деформации, их инварианты. Главные скорости деформации, интенсивность скоростей деформаций сдвига.

Степень деформации сдвига. Функции тока. Уравнение неразрывности и несжимаемости. Напряжения. Пластическое состояние. Напряженное состояние. Тензор напряжений, девиатор напряжений и их инварианты. Главные нормальные и касательные напряжения. Напряжения на наклонной площадке. Уравнения связи напряженного и деформированного состояний. Простейшие реологические модели. Условия пластичности. Краевая задача теории пластичности. Методы решения краевых задач. Физические основы пластической деформации металлов и сплавов. Строение металлов. Анизотропия свойств монокристаллов. Дефекты кристаллического строения металлов. Пластическая деформация монокристаллов. Механизмы деформации. Скольжение. Системы скольжения в кристаллах различного типа (ГЦК, ОЦК, ГПУ). Основы теории дислокаций. Пластическая деформация с позиций теории дислокации. Температурно-скоростные зависимости характеристик прочности и пластичности монокристаллов. Пластическая деформация и разрушение поликристаллов. Особенности деформации поликристаллов. Неравномерность деформации. Механизмы деформации и упрочнения поликристаллов. Влияние холодной деформации на структуру и свойства поликристаллов. Процессы, происходящие при нагреве наклепанного металла: возврат, полигонизация, рекристаллизация. Влияние нагрева на структуру и свойства наклепанного
металла. Диаграмма рекристаллизации 1 рода. Горячая деформация поликристаллов.
Особенности и механизмы. Механизмы термической пластичности. Влияние горячей деформации на структуру и свойства. Диаграмма рекристаллизации 2 рода. Классификация процессов ОМД по температурным условиям.
Теория подобия в процессах обработки металлов давлением. Тензометрирование и его использование для исследований напряжений, усилий деформирования,
перемещений, скоростей и др. Методы исследований деформаций: координатные сетки, линии тока, муаровые полосы. Оптические методы исследований деформаций
и напряжений. Исследования деформированного состояния методом твердости, рекристаллизованного зерна и рентгенографическими методами. Границы применимости экспериментальных методов, их точность и чувствительность. Методы планирования экспериментов и обработка экспериментальных данных.
Внешнее трение в процессах ОМД. Физическая природа трения. Виды и законы трения. Зависимость сил трения от температуры, степени и скорости деформирования, давления, физико-химических свойств контактируемых поверхностей и др.
факторов. Анизотропия трения. Методы экспериментального исследования трения. Смазки, их свойства, назначение и основные

требования к ним.
Сопротивление металлов пластическому деформированию. Сопротивление деформации: определение, влияние степени и скорости деформации, температуры, истории деформирования, внешней среды. Экспериментальные методы определения сопротивления деформации. Аналитические методы определения сил деформации.
Метод совместного решения дифференциального уравнения равновесия и уравнения пластичности, методы линий скольжения и характеристик, метод работ, вариационные методы. Сопоставление различных методов расчета сил деформации. Работа и мощность деформации. Тепловыделение в процессе деформации. Пластичность и разрушение. Пластичность и деформируемость металлов и методы определения. Основные факторы, влияющие на пластичность, схема напряженного состояния, внешняя среда и др. Виды разрушения при пластической деформации. Феноменологические теории разрушения. Трещины. Теория Гриффитса. Накопление повреждений. Диаграммы пластичности. Деформация металлических материалов в состоянии сверхпластичности.);

Раздел 2 Основы теории процессов обработки металлов давлением (Теория продольной прокатки на гладкой бочке. Очаг деформации, совокупность параметров, описывающих его геометрию. Условия захвата полосы валками.
Трение при захвате и установившемся процессе прокатки. Влияние технологических
и конструктивных параметров на условия захвата полосы валками. Анализ скоростей пластического течения в очаге деформации. Опережение, отставание, расчетные формулы для их определения. Нейтральный угол. Связь между характеристическими углами. Влияние технологических параметров на величину опережения.
Неравномерность уширения в очаге деформации. Влияние формы (геометрии) очага деформации, внешних зон, температуры, условий трения и структурного состояния на величину уширения. Контактные напряжения при прокатке (плоская задача). Дифференциальное уравнение контактных напряжений. Контактное напряжение в очаге деформации при
постоянном значении коэффициента трения. Экспериментальные исследования распределения контактных напряжений и их зависимость от параметров процесса. Распределение деформаций и напряжений в объеме очага деформации в зависимости от
фактора формы очага деформации. Силы прокатки и факторы, определяющие его величину. Влияние условий трения, натяжения, ширины полосы и внешних зон на контактное давление. Особенности расчета усилий в зависимости от фактора формы очага деформации. Энергия, затрачиваемая на прокатку, методы определения работы и

мощности прокатки. Момент прокатки. Коэффициент плеча равнодействующей и
методы его определения. Факторы, влияющие на положение равнодействующей. Температурные условия в очаге деформации. Расчет температуры металла при
прокатке. Теория прокатки в калибрах. Особенности процесса прокатки в калибрах. Аналитическое описание формы калибров, показатель и коэффициент формы. Уравнение
постоянства объемов при прокатке в калибрах. Критерий неравномерности распределения обжатий по ширине калибра. Внеконтактная деформация и понятие средней вытяжки в калибрах. Неравномерность деформации при прокатке в калибрах. Зоны затрудненной деформации. Влияние формы калибра и раската на формоизменение и напряженное состояние металла. Расчет уширения в калибрах. Распределение контактных напряжений в очаге деформации. Расчет среднего давления и сил прокатки в
калибрах.Радиально-сдвиговая и поперечная прокатка. Кинематические и энергосиловые
параметры процесса радиально-сдвиговой прокатки. Принципы построения очага
деформации, расчет калибровки валков при больших углах подачи. Поперечная прокатка. Скоростные условия. Угол нейтрального сечения и условия вращения заготовки. Деформационные параметры. Силовые условия. Напряженное состояние металла.
Теория процессов прокатки бесшовных труб. Винтовая прокатка. Особенности
процесса, очаг деформации и его параметры. Скоростные условия. Распределение контактных напряжений в очаге деформации. Условия захвата заготовки валками и стабильность процесса. Напряженно-деформированное состояние металла при винтовой прокатке. Энергосиловые параметры процесса. Теоретические основы процесса редуцирования. Пилигримовая прокатка. Особенности деформации металла. Скоростные условия. Зоны опережения и отставания. Направление сил трения в очаге деформации. Условия захвата металла валками. Энергосиловые параметры процесса
Холодная периодическая прокатка труб. Схема процесса прокатки на станах
ХПТ, ХПТС, ХПТР и особенности пластического формоизменения металла. Напряженно-деформированное состояние металла. Условия захвата металла валками. Скоростные условия. Энергосиловые параметры процесса.
Теория процессов производства сварных труб. Способы формовки трубной заготовки в холодном и горячем состоянии. Напряженно-деформированное состояние
металла в процессах непрерывной формовки заготовки в холодном и

горячем состоянии. Кинематические условия и энергосиловые параметры при прямошовной формовке. Методы их расчета. Особенности деформации металла в процессах формовки листов на прессах. Распределение напряжений и деформаций по ширине и высоте листов. Определение потребного усилия прессового оборудования. Особенности деформации металла при экспандировании. Определение оптимальной величины экспандирования и потребной мощности. Теория волочения. Разновидности процесса волочения, деформационные показатели. Напряженно-деформированное состояние металла. Особенности контактного трения при волочении. Расчетные методы определения напряжений и усилия волочения. Предельное и оптимальное значение коэффициента вытяжки при волочении. Теория прессования. Сущность и разновидности процессов прессования. Закономерности течения металла при прессовании прутков, профилей труб и напряженно-деформированное состояние металла. Температурные условия процессов прессования. Особенности трения при прессовании. Силовые условия процессов прессования. Теория ковки. Геометрические параметры очага деформации для различных процессов ковки, их влияние на распределение напряжений и деформаций при про-тяжке, осадке, прошивке, разгонке и др. Напряжения и деформации при ковке плоскими, комбинированными и вырезными бойками. Особенности трения на поверхности контакта инструмента с металлом. Скольжение, торможение и застой на поверхности контакта. Зоны деформации при осадке цилиндрических заготовок плоскими бойками. Неравномерность деформации при осадке. Напряженное состояние металла при осадке. Расчет контактных напряжений и усилий при осадке и вытяжке. Теория штамповки. Объемная штамповка. Характеристика разновидностей объемной штамповки. Напряженно-деформированное состояние в процессах объемной штамповки. Стадии объемной штамповки. Анализ течения металла в штампе. Термомеханические режимы штамповки. Изотермическая штамповка и штамповка в режиме сверхпластичности. Методы расчета деформирующих усилий при объемной штамповке. Листовая штамповка и формовка. Особенности деформирования металла при операциях листовой штамповки (разделительных и формообразующих). Анализ напряженно-деформированного состояния металла в различных процессах листовой штамповки. Методы расчета сил, напряжений и деформаций. Особенности построения математических моделей процессов ОМД. Моделирование процессов: продольная прокатка на гладкой бочке; прокатка в калибрах; радиально-сдвиговая и поперечная прокатка;

винтовая прокатка; пилигримовая прокатка; прокатка сварных труб; холодная прокатка труб; волочение; прессование; ковка; объемная и листовая штамповка.);

Раздел 3 Технологии производства продукции методами обработки металлов давлением (Технология прокатного производства. Профильный и марочный сортамент прокатного производства черных и цветных металлов. Способы производства слитков и заготовок. Технология нагрева исходных материалов перед прокаткой и охлаждения после прокатки. Системы вытяжных калибров, их характеристика и методики расчета. Калибровка валков для прокатки блюмов и заготовок простых и фасонных сортовых профилей. Методики расчета калибровки валков прокатного стана, маршрутная схема прокатки. Управление профилем и формой полос. Основные технологические схемы и оборудование для производства полупродукта, крупносортовой, среднесортовой, мелкосортовой стали и катанки, горячекатаного и холоднокатаного листа, гнутых и фасонных холоднокатаных профилей. Особенности производства специальных профилей проката (периодические профили, колеса, бандажи, кольца, шары и т.д.). Совмещенные технологические процессы в производстве листовой и сортовой продукции. Технологические особенности прокатки непрерывнолитого металла. Характеристика качества продукции прокатного производства, схемы технологических процессов отделки исходных материалов и готовой продукции. Контроль качества, способы удаления дефектов. Технологические операции придания дополнительных служебных свойств прокату (термообработка, нанесение покрытий и т.д.). Основы автоматизации технологических процессов. Технико-экономические показатели производства листовой и сортовой продукции.
Технология производства бесшовных труб. Сортамент и методы испытаний стальных труб. Характеристика основного оборудования и технологий производства трубных заготовок. Режимы нагрева. Виды брака при нагреве, способы его предотвращения и устранения. Характеристика и классификация технологических процессов производства горячедеформированных бесшовных труб. Прошивка заготовок.
Раскатка гильз в черновые (передельные) трубы. Калибрование и редуцирование труб. Производство труб на различных трубопрокатных агрегатах. Режимы деформации труб и расчет таблиц прокатки. Расчет калибровки технологического инструмента. Производство труб прессованием. Технология непрерывной безоправочной прокатки труб. Качество бесшовных труб. Технико-экономические показатели производства

бесшовных труб. Технологические схемы и оборудование для производства холоднодеформированных труб. Расчет режимов и маршрутов прокатки труб на станах ХПТ, ХПТС, ХПТР. Методы расчета калибровки инструмента станов холодной
прокатки труб. Технология и принципы расчета маршрутов волочения труб. Отделочные операции при холодной прокатке и волочения труб. Качество холоднодеформированных труб.
Технология производства сварных труб. Общая характеристика технологического процесса, основные операции процесса. Подготовка листового металла в сварке. Технология производства труб непрерывной печной сваркой, электросваркой на непрерывных трубоэлектросварочных агрегатах, дуговой сваркой под слоем флюса прямошовных, спиральношовных и многошовных труб. Принципы расчета таблиц прокатки. Основные методы расчета калибровки технологического инструмента трубоформовочного и трубосварочного оборудования. Новые процессы производства сварных труб: электронно-лучевая сварка труб, сварка труб плазменной дугой и др. Качество сварных труб. Технико-экономические показатели производства сварных труб. Тенденции развития производства бесшовных и сварных труб.
Технология волочильного производства. Сортамент и основные требования,
предъявляемые к качеству изделий, получаемых волочением. Технологический процесс и основное оборудование ля производства прутков, труб, проволоки, калиброванного металла и фасонных профилей волочением. Основные операции подготовки поверхности заготовки. Влияние параметров технологического процесса производства на формирование показателей качества готовых изделий, методы оценки качества и основные отделочные операции. Современные непрерывные линии подготов-ки заготовки и отделки готовой продукции. Тенденции развития технологии и оборудования волочильного производства.
Технология прессования. Типовые технологические схемы производства прессованных полуфабрикатов и изделий. Разновидности процесса прессования по условиям контактного взаимодействия заготовки с инструментом, температурным условиям и типу инструмента и инструментальных комплектов. Способы получения прессизделий различных типов. Особенности прессования различных металлов и сплавов. Управление течением металла и свойствами прессизделий. Прессовое оборудование, проектирование технологического инструмента.
Технология ковки. Заготовки для поковки: слитки, непрерывно-литые и прокатанные заготовки, их макростроение геометрические модели). Нагрев металла перед ковкой; математические модели теплового

состояния слитков и заготовок, типы тепловых полей. Основные типы агрегатов для ковки – интегрированные и автоматизированные комплексы, радиально-обжимные машины. Потоки и схемы пластического течения металла при ковке, способы их регулирования. Деформационные возможности металла при ковке, способы их регулирования. Деформационные возможности кузнечного инструмента в создании и преобразовании полей напряжений и деформаций металла и формирования физико-механический свойств металла поковки. Разновидности операций ковки, оборудования и режимы отделки, методы управления и контроля качеством продукции ковочного производства.

Технология объемной штамповки. Сортамент продукции и характеристика исходных заготовок. Технологические процессы объемной штамповки. Расчет технологических параметров. Разработка стадий технологического процесса объемной штамповки. Выбор технологического оборудования. Особенности автоматизации процессов. Отделочные операции и пути повышения качества штампованных поковок. Особенности эксплуатации штампов, стойкость и применение смазочноохлаждающих жидкостей. Перспективы развития технологии и оборудования объемной штамповки.

Технология листовой штамповки и формовки. Технологические процессы листовой штамповки и формовки, области применения и классификация изделий. Особенности механизации и автоматизации технологических процессов. Технологическая оснастка: эксплуатация и применение смазочно-охлаждающей жидкостей. Перспективы разработки новых процессов и оборудования. Специальные технологии производства продукции. Импульсное (высокоскоростное) нагружение в процессах деформирования металлов. Механизмы пластической деформации, температурно-скоростные условия деформации, неравномерность течения металла под действием импульсных нагрузок. Сортамент продукции. Основные технологические операции и оборудование. Производство полуфабрикатов и изделий из порошковых материалов методами прокатки, прессования (экструзии), обработки взрывом, аэро- и газостатического прессования. Особенности воздействия давлением на обрабатываемый материал. Температурно-скоростные условия деформации, неравномерность деформаций влияния среды обработки на свойства материала. Производство композиционных материалов (слоистых, волокнистых, дисперсноупрочненных) с использованием процессов прокатки и прессования. Схемы технологических процессов, анализ напряженно-деформированного состояния материала, силовые параметры процессов. Качество продукции. Материалы, получаемые СВС (самораспространяющийся высокотемпературный синтез) процессом.

Основы теории и технологии процесса СВС. Процессы, основанные на совмещении СВС и ОМД:
СВС – компактирование, СВС – экструзия, СВС – прокатка, в том числе в вакууме.
Основные технологические операции и оборудование. Основы ресурсо- и энергосбережения в технологических процессах ОМД. Виды производств: листопрокатное, сортопрокатное, трубопрокатное, волочильное,
прессовое, кузнечно-штамповочное, специальные. Экологические аспекты в технологических процессах ОМД.).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Теория обработки металлов давлением	16	
Раздел 2.	Основы теории процессов обработки металлов давлением	14	
Раздел 3.	Технологии производства продукции методами обработки металлов давлением	14	
Итого:		**44**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

8 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы	Виды самостоятельной	Трудоемкость, *академ.час*

дисциплины	работы	всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала.	20	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала.	18	
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала.	18	
Итого:		**56**	**0**

9 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Суворов, И.К. Обработка металлов давлением : учебник для вузов. – 3-е изд.,перераб.и доп. – М. : Высшая школа, 1980. – 364 с. ; 25000. – URL: https://libr.sibsiu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=22978&idb=0 (дата обращения: 22.01.2025);

2 Рудской, А.И. Теория и технология прокатного производства : учебное пособие для вузов / А.И. Рудской, В.А. Лунев ; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – СПб. : Наука, 2008. – 526 с. : ил. – Библиогр.: с. 526. – ISBN 9785020253025. – URL: https://libr.sibsiu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=34979&idb=0 (дата обращения: 22.01.2025);

3 Громов, Н.П. Теория обработки металлов давлением : учебник для вузов / Н.П. Громов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1978. – 360 с. : ил. – URL: https://libr.sibsiu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=33736&idb=0 (дата обращения: 22.01.2025);

4 Грудев, А.П. Теория прокатки : учебник для вузов / А.П. Грудев. – М. : Металлургия, 1988. – 239 с. : ил. – ISBN 522900102X. – URL: https://libr.sibsiu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=38769&idb=0 (дата обращения: 22.01.2025);

5 Константинов, И. Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением : учебник / И. Л. Константинов, С. Б. Сидельников ; Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2015. – 488 с. : табл., схем., граф., ил. – ISBN 978-5-7638-3166-5. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435694 (дата обращения: 22.01.2025).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL:

http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

2 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

3 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

4 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

6 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

7 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 –]. – URL: https://umczdt.ru/books/. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

8 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке;

9 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– ABBYY FineReader;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Р7-Офис.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

10 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с **федеральными государственными требованиями** к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Составитель(и):

профессор Арышенский Евгений Владимирович (кафедра обработки металлов давлением и материаловедения. ЕВРАЗ ЗСМК);

преподаватель Чинов Вячеслав Юрьевич (кафедра обработки металлов давлением и материаловедения. ЕВРАЗ ЗСМК).

Рабочая программа дисциплины актуализирована в связи с _____. Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании ученого совета Института.

Приложение А

Аннотация
рабочей программы дисциплины «Обработка металлов давлением»
по научной специальности
2.6.4 «Обработка металлов давлением»
форма обучения – Очная форма

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– формирование и развитие у аспирантов компетенций, позволяющих осуществлять планирование и проведение научных исследований в области обработки металловд давлением.

Задачами учебной дисциплины являются:

– показать использование полученных знаний в исследовательской работе и практике производства изделий.

2 Место учебной дисциплины в структуре программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Учебная дисциплина относится к **образовательному компоненту «Дисциплины (модули)»** программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– История и философия науки;
– Конкурсное и грантовое сопровождение научно-исследовательской деятельности;
– Кандидатский экзамен по истории и философии науки;
– Зачет по конкурсному и грантовому сопровождению научно-исследовательской деятельности;
– Зачет с оценкой по практике.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые аспирантами по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Научная (научно-исследовательская) деятельность аспиранта;
– Подготовка публикаций по основным научным результатам;
– Представление публикаций по основным научным результатам;
– Оценка диссертации на предмет ее соответствия критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом "О науке и государственной научно-технической политике".

3 Планируемые результаты освоения учебной дисциплины

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на достижение следующих **образовательных результатов**:

Код и наименование ОР3	Планируемые результаты обучения
ОР3: использует современные методы и технологии для совершенствования процессов обработки металлов давлением	– знать: основы обработки металлов давлением для решения актуальных научных проблем в области обработки металлов давлением. – уметь: использовать современные достижения обработки металлов давлением для решения актуальных научных проблем в области обработки металлов давлением.

4 Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		*ИТОГО*	*6 семестр*	*7 семестр*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***100***	*36*	*64*
Лекции, *академ. час.*		***44***	*24*	*20*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***56***	*12*	*44*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Контроль, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*

5 Краткое содержание учебной дисциплины

В структуре учебной дисциплины выделяются следующие основные разделы (темы):

Раздел 1 Теория обработки металлов давлением (Основные этапы и направления развития теории обработки металлов давлением. Деформация сплошной среды. Переменные Лагранжа и Эйлера. Тензоры конечных деформаций. Тензор малой деформации. Девиатор деформации. Инвариантны тензора и девиатора деформации. Главные деформации, интенсивность деформаций сдвига.
Течение сплошной среды. Поле вектора скорости. Линии тока и траектории.
Тензор и девиатор скорости деформации, их инварианты. Главные скорости деформации, интенсивность скоростей деформаций сдвига. Степень деформации сдвига. Функции тока. Уравнение неразрывности и несжимаемости. Напряжения. Пластическое состояние. Напряженное состояние. Тензор напряжений, девиатор напряжений и их инварианты. Главные нормальные и касательные напряжения. Напряжения на наклонной площадке. Уравнения связи напряженного и деформированного состояний. Простейшие реологические модели. Условия пластичности. Краевая задача теории пластичности. Методы

решения краевых задач. Физические основы пластической деформации металлов и сплавов. Строение металлов. Анизотропия свойств монокристаллов. Дефекты кристаллического строения металлов. Пластическая деформация монокристаллов. Механизмы деформации. Скольжение. Системы скольжения в кристаллах различного типа (ГЦК, ОЦК, ГПУ). Основы теории дислокаций. Пластическая деформация с позиций теории дислокации. Температурно-скоростные зависимости характеристик прочности и пластичности монокристаллов. Пластическая деформация и разрушение поликристаллов. Особенности деформации поликристаллов. Неравномерность деформации. Механизмы деформации и упрочнения поликристаллов. Влияние холодной деформации на структуру и свойства поликристаллов. Процессы, происходящие при нагреве наклепанного металла: возврат, полигонизация, рекристаллизация. Влияние нагрева на структуру и свойства наклепанного
металла. Диаграмма рекристаллизации 1 рода. Горячая деформация поликристаллов.
Особенности и механизмы. Механизмы термической пластичности. Влияние горячей деформации на структуру и свойства. Диаграмма рекристаллизации 2 рода. Классификация процессов ОМД по температурным условиям.
Теория подобия в процессах обработки металлов давлением. Тензометрирование и его использование для исследований напряжений, усилий деформирования,
перемещений, скоростей и др. Методы исследований деформаций: координатные сетки, линии тока, муаровые полосы. Оптические методы исследований деформаций
и напряжений. Исследования деформированного состояния методом твердости, рекристаллизованного зерна и рентгенографическими методами. Границы применимости экспериментальных методов, их точность и чувствительность. Методы планирования экспериментов и обработка экспериментальных данных.
Внешнее трение в процессах ОМД. Физическая природа трения. Виды и законы трения. Зависимость сил трения от температуры, степени и скорости деформирования, давления, физико-химических свойств контактируемых поверхностей и др.
факторов. Анизотропия трения. Методы экспериментального исследования трения. Смазки, их свойства, назначение и основные требования к ним.
Сопротивление металлов пластическому деформированию. Сопротивление деформации: определение, влияние степени и скорости деформации, температуры, истории деформирования, внешней среды. Экспериментальные методы определения сопротивления деформации. Аналитические методы определения сил деформации.

Метод совместного решения дифференциального уравнения равновесия и уравнения пластичности, методы линий скольжения и характеристик, метод работ, вариационные методы. Сопоставление различных методов расчета сил деформации. Работа и мощность деформации. Тепловыделение в процессе деформации. Пластичность и разрушение. Пластичность и деформируемость металлов и методы определения. Основные факторы, влияющие на пластичность, схема напряженного состояния, внешняя среда и др. Виды разрушения при пластической деформации. Феноменологические теории разрушения. Трещины. Теория Гриффитса. Накопление повреждений. Диаграммы пластичности. Деформация металлических материалов в состоянии сверхпластичности.);

Раздел 2 Основы теории процессов обработки металлов давлением (Теория продольной прокатки на гладкой бочке. Очаг деформации, совокупность параметров, описывающих его геометрию. Условия захвата полосы валками.
Трение при захвате и установившемся процессе прокатки. Влияние технологических
и конструктивных параметров на условия захвата полосы валками. Анализ скоростей пластического течения в очаге деформации. Опережение, отставание, расчетные формулы для их определения. Нейтральный угол. Связь между характеристическими углами. Влияние технологических параметров на величину опережения.
Неравномерность уширения в очаге деформации. Влияние формы (геометрии) очага деформации, внешних зон, температуры, условий трения и структурного состояния на величину уширения. Контактные напряжения при прокатке (плоская задача). Дифференциальное уравнение контактных напряжений. Контактное напряжение в очаге деформации при
постоянном значении коэффициента трения. Экспериментальные исследования распределения контактных напряжений и их зависимость от параметров процесса. Распределение деформаций и напряжений в объеме очага деформации в зависимости от
фактора формы очага деформации. Силы прокатки и факторы, определяющие его величину. Влияние условий трения, натяжения, ширины полосы и внешних зон на контактное давление. Особенности расчета усилий в зависимости от фактора формы очага деформации. Энергия, затрачиваемая на прокатку, методы определения работы и мощности прокатки. Момент прокатки. Коэффициент плеча равнодействующей и
методы его определения. Факторы, влияющие на положение равнодействующей. Температурные условия в очаге деформации. Расчет температуры металла при
прокатке. Теория прокатки в калибрах. Особенности процесса прокатки в калибрах. Аналитическое описание формы калибров, показатель и

коэффициент формы. Уравнение
постоянства объемов при прокатке в калибрах. Критерий
неравномерности распределения обжатий по ширине калибра.
Внеконтактная деформация и понятие средней вытяжки в калибрах.
Неравномерность деформации при прокатке в калибрах. Зоны
затрудненной деформации. Влияние формы калибра и раската на
формоизменение и напряженное состояние металла. Расчет уширения в
калибрах. Распределение контактных напряжений в очаге деформации.
Расчет среднего давления и сил прокатки в
калибрах.Радиально-сдвиговая и поперечная прокатка. Кинематические
и энергосиловые
параметры процесса радиально-сдвиговой прокатки. Принципы
построения очага
деформации, расчет калибровки валков при больших углах подачи.
Поперечная прокатка. Скоростные условия. Угол нейтрального сечения
и условия вращения заготовки. Деформационные параметры. Силовые
условия. Напряженное состояние металла.
Теория процессов прокатки бесшовных труб. Винтовая прокатка.
Особенности
процесса, очаг деформации и его параметры. Скоростные условия.
Распределение контактных напряжений в очаге деформации. Условия
захвата заготовки валками и стабильность процесса. Напряженно-
деформированное состояние металла при винтовой прокатке.
Энергосиловые параметры процесса. Теоретические основы процесса
редуцирования. Пилигримовая прокатка. Особенности деформации
металла. Скоростные условия. Зоны опережения и отставания.
Направление сил трения в очаге деформации. Условия захвата металла
валками. Энергосиловые параметры процесса
Холодная периодическая прокатка труб. Схема процесса прокатки на
станах
ХПТ, ХПТС, ХПТР и особенности пластического формоизменения
металла. Напряженно-деформированное состояние металла. Условия
захвата металла валками. Скоростные условия. Энергосиловые
параметры процесса.
Теория процессов производства сварных труб. Способы формовки
трубной заготовки в холодном и горячем состоянии. Напряженно-
деформированное состояние
металла в процессах непрерывной формовки заготовки в холодном и
горячем состоянии. Кинематические условия и энергосиловые
параметры при прямошовной формовке. Методы их расчета.
Особенности деформации металла в процессах формовки
листов на прессах. Распределение напряжений и деформаций по
ширине и высоте листов. Определение потребного усилия прессового
оборудования. Особенности деформации металла при

экспандировании. Определение оптимальной величины экспандирования и потребной мощности. Теория волочения. Разновидности процесса волочения, деформационные показатели. Напряженно-деформированное состояние металла. Особенности контактного
трения при волочении. Расчетные методы определения напряжений и усилия волочения. Предельное и оптимальное значение коэффициента вытяжки при волочении. Теория прессования. Сущность и разновидности процессов прессования. Закономерности течения металла при прессовании прутков, профилей труб и напряженно-деформированное состояние металла. Температурные условия процессов прессования. Особенности трения при прессовании. Силовые условия процессов прессования. Теория ковки. Геометрические параметры очага деформации для различных
процессов ковки, их влияние на распределение напряжений и деформаций при про-тяжке, осадке, прошивке, разгонке и др. Напряжения и деформации при ковке плоскими, комбинированными и вырезными бойками. Особенности трения на поверхности контакта инструмента с металлом. Скольжение, торможение и застой на поверхности контакта. Зоны деформации при осадке цилиндрических заготовок плоскими бойками. Неравномерность деформации при осадке. Напряженное состояние металла
при осадке. Расчет контактных напряжений и усилий при осадке и вытяжке. Теория штамповки. Объемная штамповка. Характеристика разновидностей объемной штамповки. Напряженно-деформированное состояние в процессах объемной штамповки. Стадии объемной штамповки. Анализ течения металла в штампе. Термомеханические режимы штамповки. Изотермическая штамповка и штамповка в режиме сверхпластичности. Методы расчета деформирующих усилий при объемной
штамповке. Листовая штамповка и формовка. Особенности деформирования металла при операциях листовой штамповки (разделительных и формообразующих). Анализ напряженно-деформированного состояния металла в различных процессах листовой штамповки. Методы расчета сил, напряжений и деформаций. Особенности построения математических моделей процессов ОМД. Моделирование процессов: продольная прокатка на гладкой бочке; прокатка в калибрах; радиально-сдвиговая и поперечная прокатка; винтовая прокатка; пилигримовая прокатка; прокатка сварных труб; холодная прокатка труб; волочение; прессование; ковка; объемная и листовая штамповка.);

Раздел 3 Технологии производства продукции методами обработки металлов давлением (Технология прокатного производства. Профильный и марочный сортамент
прокатного производства черных и цветных металлов. Способы

производства слитков и заготовок. Технология нагрева исходных материалов перед прокаткой и охлаждения после прокатки. Системы вытяжных калибров, их характеристика и методики расчета. Калибровка валков для прокатки блюмов и заготовок простых и фасонных сортовых профилей. Методики расчета калибровки валков прокатного стана, маршрутная схема прокатки. Управление профилем и формой полос. Основные технологические схемы и оборудование для производства полупродукта, крупносортовой,
среднесортовой, мелкосортовой стали и катанки, горячекатаного и холоднокатаного
листа, гнутых и фасонных холоднокатаных профилей. Особенности производства специальных профилей проката (периодические профили, колеса, бандажи, кольца, шары и т.д.). Совмещенные технологические процессы в производстве листовой и сортовой продукции. Технологические особенности прокатки непрерывнолитого металла. Характеристика качества продукции прокатного производства, схемы технологических процессов отделки исходных материалов и готовой продукции. Контроль качества, способы удаления дефектов. Технологические операции придания дополнительных служебных свойств прокату (термообработка, нанесение покрытий и т.д.). Основы автоматизации технологических процессов. Технико-экономические показатели производства листовой и сортовой продукции.
Технология производства бесшовных труб. Сортамент и методы испытаний
стальных труб. Характеристика основного оборудования и технологий производства
трубных заготовок. Режимы нагрева. Виды брака при нагреве, способы его предотвращения и устранения. Характеристика и классификация технологических процессов производства горячедеформированных бесшовных труб. Прошивка заготовок.
Раскатка гильз в черновые (передельные) трубы. Калибрование и редуцирование
труб. Производство труб на различных трубопрокатных агрегатах. Режимы деформации труб и расчет таблиц прокатки. Расчет калибровки технологического инструмента. Производство труб прессованием. Технология непрерывной безоправочной прокатки труб. Качество бесшовных труб. Технико-экономические показатели производства бесшовных труб. Технологические схемы и оборудование для производства холоднодеформированных труб. Расчет режимов и маршрутов прокатки труб на станах ХПТ, ХПТС, ХПТР. Методы расчета калибровки инструмента станов холодной
прокатки труб. Технология и принципы расчета маршрутов волочения труб. Отделочные операции при холодной прокатке и волочения труб.

Качество холоднодеформированных труб.
Технология производства сварных труб. Общая характеристика технологического процесса, основные операции процесса. Подготовка листового металла в сварке. Технология производства труб непрерывной печной сваркой, электросваркой на непрерывных трубоэлектросварочных агрегатах, дуговой сваркой под слоем флюса прямошовных, спиральношовных и многошовных труб. Принципы расчета таблиц прокатки. Основные методы расчета калибровки технологического инструмента трубоформовочного и трубосварочного оборудования. Новые процессы производства сварных труб: электронно-лучевая сварка труб, сварка труб плазменной дугой и др. Качество сварных труб. Технико-экономические показатели производства сварных труб. Тенденции развития производства бесшовных и сварных труб.
Технология волочильного производства. Сортамент и основные требования,
предъявляемые к качеству изделий, получаемых волочением. Технологический процесс и основное оборудование ля производства прутков, труб, проволоки, калиброванного металла и фасонных профилей волочением. Основные операции подготовки поверхности заготовки. Влияние параметров технологического процесса производства на формирование показателей качества готовых изделий, методы оценки качества и основные отделочные операции. Современные непрерывные линии подготов-ки заготовки и отделки готовой продукции. Тенденции развития технологии и оборудования волочильного производства.
Технология прессования. Типовые технологические схемы производства прессованных полуфабрикатов и изделий. Разновидности процесса прессования по условиям контактного взаимодействия заготовки с инструментом, температурным условиям и типу инструмента и инструментальных комплектов. Способы получения прессизделий различных типов. Особенности прессования различных металлов и сплавов. Управление течением металла и свойствами прессизделий. Прессовое оборудование, проектирование технологического инструмента.
Технология ковки. Заготовки для поковки: слитки, непрерывно-литые и прокатанные заготовки, их макростроение геометрические модели). Нагрев металла перед ковкой; математические модели теплового состояния слитков и заготовок, типы тепловых полей. Основные типы агрегатов для ковки – интегрированные и автоматизированные комплексы, радиально-обжимные машины. Потоки и схемы пластического течения металла при ковке, способы их регулирования. Деформационные возможности металла при ковке, способы их регулирования. Деформационные возможности
кузнечного инструмента в создании и преобразовании полей

напряжений и деформаций металла и формирования физико-механический свойств металла поковки. Разновидности операций ковки, оборудования и режимы отделки, методы управления и контроля качеством продукции ковочного производства.
Технология объемной штамповки. Сортамент продукции и характеристика исходных заготовок. Технологические процессы объемной штамповки. Расчет технологических параметров. Разработка стадий технологического процесса объемной штамповки. Выбор технологического оборудования. Особенности автоматизации процессов. Отделочные операции и пути повышения качества штампованных поковок. Особенности эксплуатации штампов, стойкость и применение смазочноохлаждающих жидкостей. Перспективы развития технологии и оборудования объемной штамповки.
Технология листовой штамповки и формовки. Технологические процессы листовой штамповки и формовки, области применения и классификация изделий. Особенности механизации и автоматизации технологических процессов. Технологическая оснастка: эксплуатация и применение смазочно-охлаждающей жидкостей. Перспективы разработки новых процессов и оборудования. Специальные технологии производства продукции. Импульсное (высокоскоростное) нагружение в процессах деформирования металлов. Механизмы пластической деформации, температурно-скоростные условия деформации, неравномерность
течения металла под действием импульсных нагрузок. Сортамент продукции. Основные технологические операции и оборудование.
Производство полуфабрикатов и изделий из порошковых материалов методами прокатки, прессования (экструзии), обработки взрывом, аэро- и газостатического прессования. Особенности воздействия давлением на обрабатываемый материал. Температурно-скоростные условия деформации, неравномерность деформаций влияния среды обработки на свойства материала. Производство композиционных материалов (слоистых, волокнистых, дисперсноупрочненных) с использованием процессов прокатки и прессования. Схемы технологических процессов, анализ напряженно-деформированного состояния материала,
силовые параметры процессов. Качество продукции. Материалы, получаемые СВС
(самораспространяющийся высокотемпературный синтез) процессом.
Основы теории и технологии процесса СВС. Процессы, основанные на совмещении СВС и ОМД:
СВС – компактирование, СВС – экструзия, СВС – прокатка, в том числе в вакууме.
Основные технологические операции и оборудование. Основы ресурсо- и энергосбережения в технологических процессах ОМД. Виды

производств: листопрокатное, сортопрокатное, трубопрокатное, волочильное,
прессовое, кузнечно-штамповочное, специальные. Экологические аспекты в технологических процессах ОМД.).

6 Составитель(и):

профессор Арышенский Евгений Владимирович (кафедра обработки металлов давлением и материаловедения. ЕВРАЗ ЗСМК);

преподаватель Чинов Вячеслав Юрьевич (кафедра обработки металлов давлением и материаловедения. ЕВРАЗ ЗСМК).