**Министерство образования и науки Донецкой Народной Республики**

**Государственное высшее учебное заведение**

**«Донецкий национальный технический университет»**

|  |  |
| --- | --- |
| **СОГЛАСОВАНО**Первый заместитель министра образования и наукиДонецкой Народной Республики\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.Н.Кушаков «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2016 г.  | **УТВЕРЖДЕНО**Приказ Донецкого национального технического университета «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_ 2016 г. №\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

**ПРОГРАММА-МИНИМУМ**

**кандидатского экзамена для обучающихся по программам дополнительного профессионального образования –программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре**

**по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов»
по специальности 05.16.05 «Обработка металлов давлением»**

Донецк – 2016

Программа-минимум кандидатского экзамена
по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов»

по специальности 05.16.05 «Обработка металлов давлением»

Разработчики Программы-минимум:

Коновалов Ю.В. профессор кафедры ОМД, д.т.н., проф.

Яковченко А.В. профессор кафедры ОМД, д.т.н., проф.

Рецензенты Программы-минимум:

Горбатенко В.П. профессор кафедры ФМ, д.т.н., проф.

Темнохуд В.А.доцент кафедры РТПиМТ к.т.н., доц.

Программа-минимум рассмотрена на заседании кафедры «Обработка металлов давлением»

Протокол № 15 от 21.12.2015г.

Зав. кафедрой ОМД, д.т.н., проф. Е.А. Руденко

**Введение**

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: теория обработки металлов давлением; основы теорий процессов обработки металлов давлением; технологии производства продукции методами обработки металлов давлением.

1. **Теория обработки металлов давлением**
	1. Основные этапы развития теории процессов ОМД и ее влияние на развитие технологических процессов и оборудования.
	2. Теория пластичности.

Деформация сплошной среды. Переменные Лагранжа и Эйлера. Тензоры конечных деформаций. Тензор малой деформации. Девиатор деформации. Инварианты тензора и девиатора деформации. Главные деформации, интен-сивность деформаций сдвига.

Течение сплошной среды. Поле вектора скорости. Линии тока и траек-тории. Тензор и девиатор скорости деформации, их инварианты. Главные ско-рости деформации, интенсивность скоростей деформаций сдвига. Степень де-формации 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.

* 1. 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 тео-рии дислокации.

Температурно-скоростные зависимости характеристик прочности и пла-стичности монокристаллов.

Пластическая деформация и разрушение поликристаллов. Особенности деформации поликристаллов. Неравномерность деформации. Механизмы де-формации 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.

1.4. Методы экспериментальных исследований процессов ОМД.

Теория подобия в процессах обработки металлов давлением.

Тензометрирование и его использование для исследований напряжений, силы 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, рекри-сталлизованного зерна и рентгенографическими методами. Границы приме-нимости экспериментальных методов, их точность и чувствительность.

Методы планирования экспериментов и обработка экспериментальных данных.

1.5. 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. Анизо-тропия трения. Методы экспериментального исследования трения. Смазки, их свойства, назначение и основные требования к ним.

1.6. Сопротивление металлов пластическому деформированию.

Сопротивление деформации: определение, влияние степени и скорости деформации, температуры, истории деформирования, внешней среды. Экспе-риментальные методы определения, расчет сопротивления деформации.

1.7. Аналитические методы определения силы деформирования.

Метод совместного решения дифференциального уравнения равновесия и уравнения пластичности, методы линий скольжения и характеристик, метод работ, вариационные методы. Сопоставление различных методов расчета сил.

Работа и мощность деформации. Тепловыделения в процессе деформации.

1.8. Пластичность и разрушение.

Пластичность и деформируемость металлов и методы определения. Ос-новные факторы, влияющие на пластичность, схема напряженного состояния, внешняя среда и др. Виды разрушения при пластической деформации. Фено-менологические теории разрушения. Трещины. Теория Гриффитса. Накопле-ние повреждений. Диаграмма пластичности.

Деформация металлических материалов в состоянии сверхпластичности.

1.9. Основы математического моделирования процессов ОМД.

Понятие математической модели, общие принципы и этапы построения математической модели. Применение численных методов для анализа и рас-чета процессов ОМД. Постановка и пути решения оптимизационных задач.

**2. Основы теории процессов обработки металлов давлением**

2.1. 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.

Уширение и факторы, влияющие на его величину. 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). Дифференци-альное уравнение контактных напряжений. Контактное напряжение в очаге деформации при постоянном значении коэффициента трения. Эксперимен-тальные исследования распределения контактных напряжений и их зависи-мость от параметров процесса.

Распределение деформаций и напряжений в объеме очага деформации в зависимости от фактора формы очага деформации.

Усилие прокатки и факторы, определяющие его величину. Влияние условий трения, натяжения, ширины полосы и внешних зон на контактное дав-ление. Особенности расчета силы 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 равнодей-ствующей.

Температурные условия в очаге деформации. Расчет температуры ме-талла при прокатке.

2.2. 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 силы прокатки в калибрах.

2.3. Радиально-сдвиговая и поперечная прокатка.

Кинематические и энергосиловые параметры процесса радиально-сдвиговой прокатки. Принципы построения очага деформации, расчет калиб-ровки валков при больших углах подачи.

Поперечная прокатка. Скоростные условия. Угол нейтрального сечения и условия вращения заготовки. Деформационные параметры. Силовые условия. Напряженное состояние металла.

2.4. Теория процессов прокатки бесшовных труб.

Винтовая прокатка. Особенности процесса, очаг деформации и его пара-

метры. 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.

2.5. 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 силы прессового оборудования.

Особенности деформации металла при экспандировании. Определение оптимальной величины экспандирования и потребной мощности.

2.6. Теория волочения.

Разновидности процесса волочения, деформационные показатели. На-пряженно-деформированное состояние металла. Особенности контактного трения при волочении. Расчетные методы определения напряжений и силы волочения. Предельное и оптимальное значение коэффициента вытяжки при волочении.

2.7. Теория прессования.

Сущность и разновидности процессов прессования. Закономерности течения металла при прессовании прутков, профилей труб и напряженно-дефор-мированное состояние металла. Температурные условия процессов прессования. Особенности трения при прессовании. Силовые условия процессов прессования.

2.8. Теория ковки.

Геометрические параметры очага деформации для различных процессов ковки, их влияние на распределение напряжений и деформаций при протяжке, осадке, прошивке, разгонке и др. Напряжения и деформации при ковке пло-скими, комбинированными и вырезными бойками. Особенности трения на по-верхности контакта инструмента с металлом. Скольжение, торможение и за-стой на поверхности контакта. Зоны деформации при осадке цилиндрических заготовок плоскими бойками. Неравномерность деформации при осадке. Напряженное состояние металла при осадке. Расчет контактных напряжений и силы при осадке и вытяжке.

2.9. Теория штамповки.

Объемная штамповка. Характеристика разновидностей объемной штам-повки. Напряженно-деформированное состояние в процессах объемной штам-повки. Стадии объемной штамповки. Анализ течения металла в штампе. Термо- механические режимы штамповки. Изотермическая штамповка и штамповка в режиме сверхпластичности. Методы расчета сил 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.

Формовка. Очаг деформирования и анализ напряженно-деформирован-ного состояния. Расчет сил и деформаций при формовке.

2.10. 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.

**3.Технологии производства продукции методами**

**обработки металлов давлением**

3.1. 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 охлажде-ния 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 по-лупродукта, 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 продук-ции. 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.

3.2. Технология производства бесшовных труб.

Сортамент и методы испытаний стальных труб. Характеристика основ-ного оборудования и технологий производства трубных заготовок. Режимы нагрева. Виды брака при нагреве, способы его предотвращения и устранения.

Характеристика и классификация технологических процессов производ-ства горячедеформированных бесшовных труб. Прошивка заготовок. Раскатка гильз в черновые (передельные) трубы. Калибрование и редуцирование труб. Производство труб на различных трубопрокатных агрегатах. Режимы дефор-мации 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 холодноде-формированных труб.

3.3. 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 трубо-электросварочных 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 про-изводства сварных труб: электронно-лучевая сварка труб, сварка труб плаз-менной дугой и др. Качество сварных труб. Технико-экономические показате-ли производства сварных труб. Тенденции развития производства бесшовных и сварных труб.

3.4. Технология волочильного производства.

Сортамент и основные требования, предъявляемые к качеству изделий, получаемых волочением. Технологический процесс и основное оборудование для производства прутков, труб, проволоки, калиброванного металла и фасон-ных профилей волочением. Основные операции подготовки поверхности заго-товки. Влияние параметров технологического процесса производства на фор-мирование показателей качества готовых изделий, методы оценки качества и основные отделочные операции. Современные непрерывные линии подготовки заготовки и отделки готовой продукции. Тенденции развития технологии и оборудования волочильного производства.

3.5. 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 прес-сования различных металлов и сплавов. Управление течением металла и свой-ствами прессизделий.

Прессовое оборудование, проектирование технологического инструмента.

3.6. Технология ковки.

Заготовки для поковки: слитки, непрерывно-литые и прокатанные заготовки, их макростроение (геометрические модели). Нагрев металла перед ков-кой; математические модели теплового состояния слитков и заготовок, типы тепловых полей. Основные типы агрегатов для ковки – интегрированные и ав-томатизированные 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 формиро-вания физико-механический свойств металла поковки.

Разновидности операций ковки, оборудования и режимы отделки, мето-ды управления и контроля качеством продукции ковочного производства.

3.7. Технология объемной штамповки.

Сортамент продукции и характеристика исходных заготовок. Техноло-гические 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 смазочно-охлаждающих жидкостей. Перспективы развития технологии и оборудования объемной штам-повки.

3.8. Технология листовой штамповки и формовки.

Сортамент продукции и характеристика исходных материалов.

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.

3.9. Специальные технологии производства продукции.

Импульсное (высокоскоростное) нагружение в процессах деформирова-ния металлов. Механизмы пластической деформации, температурно-скорост-ные 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 га-зостатического прессования. Особенности воздействия давлением на обраба-тываемый материал. Температурно-скоростные условия деформации, нерав-номерность деформаций влияния среды обработки на свойства материала.

Производство композиционных материалов (слоистых, волокнистых, дисперсно-упрочненных) с использованием процессов прокатки и прессова-ния. Схемы технологических процессов, анализ напряженно-деформированного состояния материала, силовые параметры процессов. Качество продукции.

Материалы, получаемые СВС (самораспространяющийся высокотемпе-ратурный 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 технологичес-кие операции и оборудование.

3.10. Основы ресурсо- и энергосбережения в технологических процессах ОМД.

Виды производств: листопрокатное, сортопрокатное, трубопрокатное, волочильное, прессовое, кузнечно-штамповочное, специальные.

3.11. Экологические аспекты в технологических процессах ОМД.

**Рекомендуемая основная литература**:

1. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1986. 688 с. (1-е изд.); Екатеринбург: УГТУ – УПИ. 2001. –836 с. (2-е изд.).

2. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением (теория пластичности). Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1980. – 456 с.

3. Тюрин В.А., Мохов А.И. Теория обработки металлов давлением. Под ред. проф. В.А. Тюрина. Учебник для вузов. – Волгоград: РПК «Политехник», 2000. – 416 с.

4. Гун Г.Я. Математическое моделирование процессов обработки металлов давлением. Учебное пособие для вузов. М.: Металлургия, 1983. – 352 с.

5. Полухин П.И., Горелик С.С., Воронцов В.К. Физические основы пла-стической деформации. Учебное пособие для вузов. М.: Металлургия, 1982. – 584 с.

6. Физическое металловедение. Учебник для вузов. С.В. Грачев, В.Р. Бараз, А.А. Богатов, В.П. Швейкин – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2000. – 534.

7. Целиков А.И., Никитин Г.С., Рокотян С.Е. Теория продольной прокатки. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1980. – 360 с.

8. Потапов И.Н., Коликов А.П., Друян В.И. Теория трубного производства. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1991. – 424 с.

9. Охрименко Я.М., Тюрин В.А. Теория процессов ковки. Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа. 1977. – 295 с.

10. Перлин И.Л., Райтбарт Л.Х. Теория прессования металлов. Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1975. – 448 с.

11. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1971. – 447 с.

12. Прокатное производство / П.И. Полухин, Н.М. Федосов, А.А. Королев, Ю.М. Матвеев. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1960. – 966 с. (1-е изд.); 1968 – 676 с. (2-е изд.).

13. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инатович Ю.В. Калибровка прокатных валков. М.: Металлургия. 1987. – 367 с.

14. Технология обработки давлением цветных металлов и сплавов. Учебник для вузов / А.В. Зиновьев, А.И. Колпашников, П.И. Полухин и др. – М.: Металлургия, 1992. – 512 с.

15. Технология производства труб. Учебник для вузов / И.Н. Потапов, А.П. Коликов, В.Н. Данченко и др. – М.: Металлургия, 1994. – 528 с.

16. Рудской А.И., Лунев. В.А.Теория и технология прокатного производства: учеб. Пособие. – СПб. : Наука, 2008. – 527 с.

17. Металлургия: учебное пособие в 3 кн. К.2. Металловедение и основы термической обработки металлов. Теоретические основы обработки металлов давлением. Сортамент прокатной продукции. Производство заготовок, листопрокатное производство / Ю.В.Коновалов, А.А.Минаев. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2012. – 496 стр.

18. Металлургия: учебное пособие в 3 кн. К. 3. Сортопрокатное производство. Дефекты слитков, заготовок, листового и сортового проката, их контроль и способы предупреждения. Производство специальных видов проката, труб и биметаллов. Валки прокатных станов. Волочение, прессование, ковка и штамповка металла / Ю.В. Коновалов, А.А. Минаев – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2013. – 603 стр.

19. Коновалов Ю.В. Справочник прокатчика. Книга 1. Производство горячекатаных листов и полос. - М.: «Теплотехник», 2008. - 640с.

20. Коновалов Ю.В. Справочник прокатчика. Книга 2. Производство холоднокатаных листов и полос. – М.: «Теплотехник», 2008. - 608 с.

21. Теоретические основы обработки металлов давлением / Б.М. Илюкович, А.П. Огурцов, Н.Е. Нехаев, С.В. Ершов: Монография: В 2 т. – Днепропетровск: РВА “Дніпро-ВАЛ”, 2001. – Т.1. – 518 с.

22. Теоретические основы обработки металлов давлением / Б.М. Илюкович, А.П. Огурцов, Н.Е. Нехаев, С.В. Ершов: Монография: В 2 т. – Днепропетровск: РВА “Дніпро-ВАЛ”, 2002. – Т.2. – 485 с.

23. Друян В.М., Гуляев Ю.Г., Чукмасов С.А. Теория и технология трубного производства: Учебник. – Днепропетровск, РИА «Днепр - ВАЛ», 2001. – 544с.

24. Минаев А.А. Совмещенные металлургические процессы: Монография. – Донецк: Норд Компьютер, 2008. - 549с.

25. Николаев В.А. Деформация метала при прокатке в калибрах: Монография. – Запорожье: Издательство Запорожской государственной инженерной академии, 2006. – 196 с.

26. Стальная проволока / Х.Н. Белалов, А.А. Клековкин, Н.А. Клековкина и др.: монография. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. Гос. Техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. – 689 с.

27. Белошенко В.А., Варюхин В.Н., Спусканюк В.З. Теория и практика гидроэкструзии. – Киев «Наукова думка», 2007, –247с.

28. Живов Л.И., Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для вузов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 560 с.

29. Прессование алюминиевых сплавов: моделирование и управление тепловыми условиями / Н.Н. Довженко, С.В. Беляев, С.Б. Сидельников и др. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2009. – 256 с.

**Дополнительная литература:**

1. Кучеряев Б.В. Механика сплошных сред. Учебник для вузов. М.: МИ-СиС. 2000. -320 с.

2. Экспериментальные методы механики деформируемых твердых тел (технологические задачи обработки давлением) / В.К. Воронцов, П.И. Полухин, В.А. Белевитин, В.В. Бринза – М.: Металлургия, 1990. – 480 с.

3. Грудев А.П. Теория прокатки. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1988. – 240 с.

4. Теория прокатки. Справочник. А.И. Целиков, А.Д. Томленов, В.И. Зю-зин и др. – М.: Металлургия, 1982. – 335 с.

5. Теория ковки и штамповки. Учебное пособие для вузов. Под ред. Е.П. Унксова и А.Г. Овчинникова. М.: Машиностроение, 1993.

6. Осадчий В.Я., Воронцов А.Л., Безносиков И.И. Теория и расчеты техно-логических параметров штамповки выдавливанием. Учебное пособие для ву-зов. М.: МГАПИ, 2001. – 307 с.

7. Бережной В.Л., Щерба В.Н., Батурин А.И. Прессование с активным действием сил трения. М.: Металлургия, 1988. – 296 с.

8. Грудев А.П., Машкин Л.Ф., Ханин Л.И. Технология прокатного произ-водства. Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1994. – 656 с.

9. Технология прокатного производства. Справочник в двух книгах. Под редакцией В.И. Зюзина и А.В. Третьякова. – М.: Металлургия. 1991. – 859 с.

10. Технология и оборудование трубного производства. Учебник для вузов. / В.Я. Осадчий, А.С. Вавилин, В.Г. Зимовец, А.П. Коликов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 608 с.

11. Новые процессы деформации металлов и сплавов. Учебное пособие для вузов. / А.П. Коликов, П.И. Полухин, А.В. Крупин и др. – М.: Высшая школа, 1986. – 351 с.

12. Щерба В.Н., Райтбарг Л.Х. Технология прессования металлов. Учебник для вузов. – М.: Металлургия. 1995. – 336 с.

13. Алиев Ч.А., Тетерин Г.П. Система автоматизированного проектирова-ния технологии горячей объемной штамповки. М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.

14. Друянов Б.А. Прикладная теория пластичности пористых тел. М.: Машиностроение, 1989. – 168 с.

15. Чернышев В.Н., Линецкий Б.Л., Крупин А.В. Обработка металлов дав-лением в контролируемых средах. – М.: Металлургия, 1993. – 272 с.

16. Обработка металлов взрывом / А.В. Крупин, В.Я. Соловьев, Г.С. Попов и др. – М.: Металлургия, 1991. – 496 с.

17. Колпашников А.И., Арефьев Б.А., Мануйлов В.Ф. Деформирование композиционных материалов. -–М.: Металлургия, 1982. – 243 с.

18. Яковченко А.В., Ивлева Н.И., Голышков Р.А. Проектирование профилей и калибровок железнодорожных колес: Монография. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2008. – 491 с.

19. Кобелев А.Г., Потапов И.Н., Кузнецов Е.В. Технология слоистых металлов. Учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1991. – 248 с.

20. Гарбер Э.А. Станы холодной прокатки. - М.: ОАО “Черметинформация; Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2004. - 416 с.

21. Килов А.С. Обработка материалов давлением в промышленности: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 266 с.

22. Рыбин Ю.И., Рудской А.И., Золотов А.М. Математическое моделирование и проектирование технологических процессов обработки металлов давлением : учеб. пособие. ­ СПб. : Наука, 2004. ­ 644 с.

23. Щерба В.Н. Прессование алюминиевых сплавов. М. „ Интерметинжиринг”, 2001, 768 с.

24. Стасовский Ю.Н., Кривченко Ю.С., Бабенко Г.С. Проектирование современных производств обработки металлов давлением: учебник. – Д. : Монолит, 2009. – 745 с.

25. Деформационная обработка вторичного алюминия и алюминийсодержащих отходов/ А.И.Шевелев, Я.Е.Бейгельзимер, В.Н.Варюхин и др. - Донецк: «Ноулидж», 2010, 270 с.

26. Минаев А.А., Смирнов А.Н., Лейрих И.В. Металлопродукция: сертификация, маркировка, упаковка. Учебное пособие.–Донецк: Норд–Пресс, 2006.– 291 с.

27. Сидельников С.Б., Довженко Н.Н. Загиров Н.Н. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов: монография. - М.:МАКС Пресс, 2005.- 344 с.

28. Клети-волоки для получения калиброванного проката / А.И. Норец, В.С. Славин, А.Г. Бричко: монография. – Магнитогорск :МаГУ, 2012. – 180 с.

29. Восканьянц А.А. Автоматизированное управление процессами прокатки: Учебноу пособие. Московский гос. Техн. ун-т.им. Н.Э. Баумана – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 85 с.

**СОГЛАСОВАНО:**

**Заведующий сектором аттестации педагогических,**

**научно-педагогических и научных кадров**

**Министерства образования и науки И.П. Масюченко**

**Проректор по научной работе К.Н. Маренич**

**Начальник юридического отдела Л.Е. Извекова**