

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Производство энергетического оборудования

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

| | |
|--|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.05 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 6 семестр - 4; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 144 часа |
| Лекции | 6 семестр - 28 часа; |
| Практические занятия | 6 семестр - 28 часа; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 6 семестр - 87,7 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: | |
| Расчетно-графическая работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 6 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Чепурин М.В. |
| | Идентификатор | Rc0e5b216-ChepurinMV-c722fea7 |

(подпись)

М.В. Чепурин

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|--|--|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Овечников С.А. |
| | Идентификатор | R8f25bf1e-OvechnikovSA-a943abe |

(подпись)

С.А. Овечников

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Гончаров А.Л. |
| | Идентификатор | R1e4b7e3c-GoncharovAL-b043abe |

(подпись)

А.Л. Гончаров

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение процессов обработки металлов давлением для получения заготовок и готовых изделий, выбор оптимальной схемы и режимов процессов, для дальнейшего применения этих знаний при проектировании и использовании объектов энергомашиностроения в профессиональной деятельности, с использованием современных тенденций цифровизации в обрабатывающей промышленности и совершенствования методов ОМД.

Задачи дисциплины

- познакомить обучающихся с теоретическими и практическими основами обработки металлов давлением.;
- дать информацию об особенностях методов обработки металлов и сплавов применяемых при проектировании оборудования энергомашиностроения.;
- научить проводить расчеты, выбирать оптимальные схемы процесса в соответствие с ГОСТами и ТУ.;
- показать современные тенденции в развитии и оптимизации методов ОМД, с рассмотрением цифровых двойников материала заготовок и используемого оборудования, математического моделирования процессов, роботизации производства, системы сбора и анализа данных от централизованной системы датчиков на всей линии обработки заготовки..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|---|---|
| ПК-1 Способен участвовать в производственно-технологической деятельности в сфере энергетического машиностроения | ИД-2 _{ПК-1} Принимает обоснованные технические решения при разработке технологии производства и ремонта объектов профессиональной деятельности | знать: - основные методы тенденции в современной промышленности по использованию при ОМД цифровых двойников материала заготовок и используемого оборудования, математического моделирования процессов, роботизации производства, системы сбора и анализа данных от централизованной системы датчиков на всей линии обработки заготовки. ; - ГОСТы и ТУ, применяемые при изготовлении конструкций и деталей машин в энергомашиностроении. ; - основные расчеты для выбора оптимальных режимов. ; - основные методы обработки металлов давлением применяемые при получении производственного оборудования.. уметь: - использовать и применять в технологических расчетах, программы математического моделирования. ; - выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--|--|--|
| | | <p>методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения;</p> <ul style="list-style-type: none"> - обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий.; - целенаправленно применять базовые знания в области математических, естественных наук в профессиональной деятельности.. |
| <p>ПК-1 Способен участвовать в производственно-технологической деятельности в сфере энергетического машиностроения</p> | <p>ИД-3ПК-1 Демонстрирует понимание физических процессов при контроле и обработке материалов</p> | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - технологию изготовления различных видов конструкций и узлов.; - физические процессы, протекающие в конструкционных материалах при различных видах обработки.. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.; - осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию.; - применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Производство энергетического оборудования (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать законы физики и химии в рамках школьного курса, и общих курсов (физика твердого тела, основные виды веществ и химических соединений).
- знать общие закономерности формирования структуры и свойств металлических материалов в процессе их обработки и эксплуатации (материаловедение)
- знать основные группы металлических материалов, применяемых в машиностроении (материаловедение).
- знать закономерности влияния на свойства материалов различных видов технологических операций и эксплуатационных факторов (материаловедение).

- знать особенности выбора металлического материала для изготовления элементов машин и конструкций при проектировании технологии их изготовления.
- знать основные методики расчета свойств и характеристик материалов и конструкций (математика, материаловедение, сопротивление материалов).
- уметь анализировать и сопоставлять полученную информацию (математика).
- уметь навыками использования равновесной диаграммы состояний железо – цементит (материаловедение).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания | |
|-------|---|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|---|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 1 | Элементы теории обработки металлов давлением. | 30 | 6 | 7 | - | 7 | - | - | - | - | - | 16 | - | <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> №4. Условие пластичности. Частные случаи условия пластичности. Численное определение условий упругого и пластического состояния.</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Скорости деформирования и деформации.</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Коэффициенты деформации при прошивке заготовок и раскатке (волочении) труб.</p> <p>Коэффициенты вытяжки для особых случаев ОМД.</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Закон сохранения массы и условия постоянства объема при ОМД. Коэффициенты деформации (обжатие, уширение, вытяжка).</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[2], 4-28</p> | |
| 1.1 | Значение обработки металлов давлением (ОМД) в развитии энергомашиностроения. Задачи ОМД в условиях рыночной экономики. | 4 | | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 2 | | - |
| 1.2 | Различные способы образования формы тела и их связь с изменением массы в процессе формообразования. | 4 | | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 2 | | - |
| 1.3 | Процессы ОМД – технические системы. Классификация стационарных процессов по признакам затрат энергии на формообразование. | 5 | | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 3 | | - |
| 1.4 | Закон постоянства массы и условия постоянства объема при пластической | 5 | | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 3 | | - |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | деформации. Коэффициенты, характеризующие изменения размеров деформируемой заготовки (высоты-толщины, ширины и длины). Смещенный объем, удельный смещенный объем, удельный секундный смещенный объем. Скорости деформации и деформирования. | | | | | | | | | | | | |
| 1.5 | Виды деформации в зависимости от температуры. Влияние термомеханических условий на пластичность и сопротивление деформаций. Температурные условия формоизменения. Феноменологическая теория деформируемости без разрушения. Внешнее трение при ОМД. Влияние внешнего трения и формы инструмента на показатели процесса. Природа и виды пониженной пластичности и пути осуществления деформации | 7 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 3 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|------|-----|---|-----|---|---|---|---|---|----|---|--|---|
| | материалов с пониженной пластичностью. Совместное влияние различных видов пониженной пластичности. Влияние среднего напряжения. | | | | | | | | | | | | | |
| 1.6 | Силовое взаимодействие рабочего инструмента и деформируемого тела. Напряженно-деформированное состояние. Условие пластичности и его анализ. | 5 | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 3 | - | | |
| 2 | Технология и оборудование различных процессов ОМД. | 34.0 | 7.0 | - | 7.0 | - | - | - | - | - | 20 | - | | <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Методика расчета режима обжатий при прокатке. <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Давление металла на валки, крутящий момент и работа прокатки. |
| 2.1 | Технология и оборудование различных процессов ОМД. Прокатка металлов. Очаг деформации и его параметры. Условия захвата и установившегося процесса. Давление металла на валки, крутящий момент и работа прокатки. Продольная, поперечная и винтовая прокатка. | 4 | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 2 | - | | <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Условия захвата и установившегося процесса при прокатке. Очаг деформации и его параметры. Соотношение между углом захвата, диаметром валков и обжатием. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> |
| 2.2 | Прокатные профили и | 3.0 | 0.5 | - | 0.5 | - | - | - | - | - | 2 | - | | [1], 18-38 [5], 33-39 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|-----|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
| | <p>сортамент проката. Понятия о калибровке и профилировке валков. Основное оборудование прокатных цехов. Общие технологические схемы производства. Методика расчета режима обжата при прокатке в прокатных цехах.</p> | | | | | | | | | | | | | |
| 2.3 | <p>Производство горячекатаных листов: удаление окалины; формирование заданной ширины; распределение обжатов по клетям. Особенности получения холоднокатаных листов.</p> | 2.0 | 0.5 | - | 0.5 | - | - | - | - | - | 1 | - | | |
| 2.4 | <p>Производство горячедеформированных труб: получение полой гильзы, формирование толщины стенки и диаметра.</p> | 3.0 | 0.5 | - | 0.5 | - | - | - | - | - | 2 | - | | |
| 2.5 | <p>Производство холоднодеформированных труб для энергомашиностроения . Волочение и прессование: характеристика</p> | 3.0 | 0.5 | - | 0.5 | - | - | - | - | - | 2 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|-----|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | процессов и сортамент изделий; основное оборудование и технологические операции. Получение труб с использованием волочения. | | | | | | | | | | | | |
| 2.6 | Свободнаяковка: основное оборудование; исходные материалы, применяемый инструмент; построение технологического процесса. | 4 | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 2 | - | |
| 2.7 | Проектированиепоковок: припуски и допуски; масса и размеры исходных заготовок; количество промежуточных подогревов и требуемая мощность оборудования. | 4 | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 2 | - | |
| 2.8 | Листоваяштамповка: основные операции и оборудование; построение технологического процесса. | 3.0 | 0.5 | - | 0.5 | - | - | - | - | - | 2 | - | |
| 2.9 | Проектированиештамповок: расчет припусков и допусков; определение размеров плоской заготовки и | 3.0 | 0.5 | - | 0.5 | - | - | - | - | - | 2 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
| | выбор оборудования для ее получения. | | | | | | | | | | | | |
| 2.10 | Специальные виды ОМД. Раскатка колец, гибка труб, получение биметаллических изделий, вальцовка. | 5 | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 3 | - | |
| 3 | Изготовление отдельных видов заготовок и изделий для энергомашиностроения оборудования АЭС. | 31 | 7 | - | 8 | - | - | - | - | - | 16 | - | <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Проектирование технологического процесса листовой штамповки. Определение размеров плоской заготовки для изготовления днищ с использованием ГОСТа 6533-78.</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Проектирование технологического процесса при свободной ковке. Составление чертежа поковки с использованием ГОСТа 7062-79.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 4-17</p> |
| 3.1 | Исходные заготовки и форма изделий. Режимы нагрева крупных слитков. Пути интенсификации нагрева крупных слитков, уменьшение угара и снижения скорости охлаждения деформируемых заготовок. | 8 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | |
| 3.2 | Получение обечаек для корпусов реакторов и парогенераторов. Проектирование поковки и расчет припусков и допусков. Определение массы и размеров исходных слитков. Расчет количества промежуточных подогревов и требуемой мощности оборудования. | 8 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | Особенности изготовления обечаек патрубковой зоны. | | | | | | | | | | | | |
| 3.3 | Изготовление днищ и крышек. Получение крупногабаритных заготовок для изготовления цельноштампованных днищ. Проектирования штамповок и расчет припусков и допусков. Определение размеров плоской заготовки и выбор оборудования для ее получения. Расчет массы и размеров исходной заготовки. Особенности изготовления поковок типа валов и дисков турбин АЭС. Трубчатые заготовки и изделия из них. Получение изделий для активной зоны реактора. | 8 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | |
| 3.4 | Техника безопасности и охрана труда в прокатных и кузнечнопрессовых цехах: снижение уровня шума; особенности высокотемпературной технологии; транспортные и | 7 | 1 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
| | монтажные операции. | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Пути совершенствования существующих технологий и оборудования с применением современных тенденций цифровизации. | 31 | 7 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 18 | - | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Создание цифрового двойника для условий производства обечайки теплового реактора методом горячейковки.</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчет и моделирование деформации заготовки при горячейковки, пресование и штамповке в программе S-Form. Расчет и моделирование деформации заготовки при холодном волочении и в программе Deform.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 20-27</p> |
| 4.1 | Применение вычислительной техники для оптимизации технологии и экономии металла. Использование полых, удлиненных, лепестковых и высоконусных укороченных слитков для изготовления обечайек, днищ, валов и дисков. Повышение технологической пластичности. | 9 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 5 | - | | |
| 4.2 | Новые гидравлические прессы и прокатные станы для получения крупногабаритных заготовок. Российские и зарубежные изобретения для повышения эффективности технологических процессов ОМД. | 9 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 5 | - | | |
| 4.3 | Опыт применения и | 13 | 3 | - | 2 | - | - | - | - | - | 8 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|-------------|---|-------------|---|---|---|---|---|------------|-------------|-------------|--|
| использования средств цифровизации в современной обрабатывающей промышленности при проектировании приборов и устройств для целей энергомашиностроения, с использованием математических моделей, сбора и анализа информации с распределенной системы датчиков на всей линии производства заготовки | | | | | | | | | | | | | |
| Зачет с оценкой | 18.0 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | 17.7 | |
| Всего за семестр | 144.0 | 28.0 | - | 28.0 | - | - | - | - | - | 0.3 | 70 | 17.7 | |
| Итого за семестр | 144.0 | 28.0 | - | 28.0 | - | - | - | - | - | 0.3 | 87.7 | | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Элементы теории обработки металлов давлением.

1.1. Значение обработки металлов давлением (ОМД) в развитии энергомашиностроения. Задачи ОМД в условиях рыночной экономики.

1.2. Различные способы образования формы тела и их связь с изменением массы в процессе формообразования.

1.3. Процессы ОМД – технические системы. Классификация стационарных процессов по признакам затрат энергии на формообразование.

1.4. Закон постоянства массы и условия постоянства объема при пластической деформации. Коэффициенты, характеризующие изменения размеров деформируемой заготовки (высоты-толщины, ширины и длины). Смещенный объем, удельный смещенный объем, удельный секундный смещенный объем. Скорости деформации и деформирования.

1.5. Виды деформации в зависимости от температуры. Влияние термомеханических условий на пластичность и сопротивление деформаций. Температурные условия формоизменения. Феноменологическая теория деформируемости без разрушения. Внешнее трение при ОМД. Влияние внешнего трения и формы инструмента на показатели процесса. Природа и виды пониженной пластичности и пути осуществления деформации материалов с пониженной пластичностью. Совместное влияние различных видов пониженной пластичности. Влияние среднего напряжения.

1.6. Силовое взаимодействие рабочего инструмента и деформируемого тела. Напряженно-деформированное состояние. Условие пластичности и его анализ.

2. Технология и оборудование различных процессов ОМД.

2.1. Технология и оборудование различных процессов ОМД. Прокатка металлов. Очаг деформации и его параметры. Условия захвата и установившегося процесса. Давление металла на валки, крутящий момент и работа прокатки. Продольная, поперечная и винтовая прокатка.

2.2. Прокатные профили и сортамент проката. Понятия о калибровке и профилировке валков. Основное оборудование прокатных цехов. Общие технологические схемы производства. Методика расчета режима обжатия при прокатке в прокатных цехах.

2.3. Производство горячекатаных листов: удаление окалины; формирование заданной ширины; распределение обжатий по клетям. Особенности получения холоднокатаных листов.

2.4. Производство горячедеформированных труб: получение полой гильзы, формирование толщины стенки и диаметра.

2.5. Производство холоднодеформированных труб для энергомашиностроения. Волочение и прессование: характеристика процессов и сортамент изделий; основное оборудование и технологические операции. Получение труб с использованием волочения.

2.6. Свободная ковка: основное оборудование; исходные материалы, применяемый инструмент; построение технологического процесса.

2.7. Проектирование поковок: припуски и допуски; масса и размеры исходных заготовок; количество промежуточных подогревов и требуемая мощность оборудования.

2.8. Листовая штамповка: основные операции и оборудование; построение технологического процесса.

2.9. Проектирование штамповок: расчет припусков и допусков; определение размеров плоской заготовки и выбор оборудования для ее получения.

2.10. Специальные виды ОМД. Раскатка колец, гибка труб, получение биметаллических изделий, вальцовка.

3. Изготовление отдельных видов заготовок и изделий для энергомашиностроения оборудования АЭС.

3.1. Исходные заготовки и форма изделий. Режимы нагрева крупных слитков. Пути интенсификации нагрева крупных слитков, уменьшение угара и снижения скорости охлаждения деформируемых заготовок.

3.2. Получение обечаек для корпусов реакторов и парогенераторов. Проектирование поковки и расчет припусков и допусков. Определение массы и размеров исходных слитков. Расчет количества промежуточных подогревов и требуемой мощности оборудования. Особенности изготовления обечаек патрубковой зоны.

3.3. Изготовление днищ и крышек. Получение крупногабаритных заготовок для изготовления цельноштампованных днищ. Проектирования штамповок и расчет припусков и допусков. Определение размеров плоской заготовки и выбор оборудования для ее получения. Расчет массы и размеров исходной заготовки. Особенности изготовления поковок типа валов

и дисков турбин АЭС. Трубчатые заготовки и изделия из них. Получение изделий для активной зоны реактора.

3.4. Техника безопасности и охрана труда в прокатных и кузнечнопрессовых цехах: снижение уровня шума; особенности высокотемпературной технологии; транспортные и монтажные операции.

4. Пути совершенствования существующих технологий и оборудования с применением современных тенденций цифровизации.

4.1. Применение вычислительной техники для оптимизации технологии и экономии металла. Использование полых, удлиненных, лепестковых и высоконусных укороченных слитков для изготовления обечаек, днищ, валов и дисков. Повышение технологической пластичности.

4.2. Новые гидравлические прессы и прокатные станы для получения крупногабаритных заготовок. Российские и зарубежные изобретения для повышения эффективности технологических процессов ОМД.

4.3. Опыт применения и использования средств цифровизации в современной обрабатывающей промышленности при проектировании приборов и устройств для целей энергомашиностроения, с использованием математических моделей, сбора и анализа информации с распределенной системы датчиков на всей линии производства заготовки

3.3. Темы практических занятий

1. Закон сохранения массы и условия постоянства объема при ОМД. Коэффициенты деформации (обжатие, уширение, вытяжка).;
2. Коэффициенты деформации при прошивке заготовок и раскатке (волочении) труб. Коэффициенты вытяжки для особых случаев ОМД.;
3. Скорости деформирования и деформации.;
4. Условие пластичности. Частные случаи условия пластичности. Численное определение условий упругого и пластического состояния.;
5. Условия захвата и установившегося процесса при прокатке. Очаг деформации и его параметры. Соотношение между углом захвата, диаметром валков и обжатием.;
6. Давление металла на валки, крутящий момент и работа прокатки.;
7. Методика расчета режима обжатий при прокатке.;
8. Проектирование технологического процесса при свободной ковке. Составление чертежа поковки с использованием ГОСТа 7062-79.;
9. Проектирование технологического процесса листовой штамповки. Определение размеров плоской заготовки для изготовления днищ с использованием ГОСТа 6533-78.;
10. Расчет и моделирование деформации заготовки при горячей ковке, пресование и штамповка в программе S-Form.
Расчет и моделирование деформации заготовки при холодном волочении и в программе Deform.;
11. Создание цифрового двойника для условий производства обечайки теплового

реактора методом горячейковки..

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Объяснение первых четырех задач.
2. Объяснение задач 5, 6 и 7.
3. Объяснение задач 8 и 9
4. Объяснение задач 10 и 11

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Знать: | | | | | | |
| основные методы обработки металлов давлением применяемые при получении производственного оборудования. | ИД-2ПК-1 | | + | | | Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 6 |
| основные расчеты для выбора оптимальных режимов. | ИД-2ПК-1 | + | | | | Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 2 Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 3 Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 4 Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 1 |
| ГОСТы и ТУ, применяемые при изготовлении конструкций и деталей машин в энергомашиностроении. | ИД-2ПК-1 | | | + | | Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 7 |
| основные методы тенденции в современной промышленности по использованию при ОМД цифровых двойников материала заготовок и используемого оборудования, математического моделирования процессов, роботизации производства, системы сбора и анализа данных от централизованной системы датчиков на всей линии обработки заготовки. | ИД-2ПК-1 | | | | + | Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 8 Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 9 |

| | | | | | | |
|---|----------|---|---|---|---|--|
| физические процессы, протекающие в конструкционных материалах при различных видах обработки. | ИД-3ПК-1 | + | | | | Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 5 |
| технологии изготовления различных видов конструкций и узлов. | ИД-3ПК-1 | | + | + | | Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 8 |
| Уметь: | | | | | | |
| целенаправленно применять базовые знания в области математических, естественных наук в профессиональной деятельности. | ИД-2ПК-1 | + | | | | Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 3 Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 4 |
| обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий. | ИД-2ПК-1 | | + | + | | Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 7 |
| выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения | ИД-2ПК-1 | | | | + | Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 9 |
| использовать и применять в технологических расчетах, программы математического моделирования. | ИД-2ПК-1 | | | | + | Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 8 |
| применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения | ИД-3ПК-1 | | + | | | Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 5 |
| осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию. | ИД-3ПК-1 | | | | + | Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 6 |
| способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач. | ИД-3ПК-1 | + | + | | | Расчетно-графическая работа/Проверка расчетного задания 2 |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|---|
| | | | | | | Расчетно-графическая работа/Проверка расчётного задания 1 |
|--|--|--|--|--|--|---|

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Проверка качества оформления задания

1. Проверка расчётного задания 1 (Расчетно-графическая работа)
2. Проверка расчетного задания 2 (Расчетно-графическая работа)
3. Проверка расчетного задания 3 (Расчетно-графическая работа)
4. Проверка расчетного задания 4 (Расчетно-графическая работа)
5. Проверка расчетного задания 5 (Расчетно-графическая работа)
6. Проверка расчетного задания 6 (Расчетно-графическая работа)
7. Проверка расчетного задания 7 (Расчетно-графическая работа)
8. Проверка расчетного задания 8 (Расчетно-графическая работа)
9. Проверка расчетного задания 9 (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №6)

Оценка выставляется по рекомендациям системы БАРС, путем суммирования оценки за контрольные мероприятия в семестре, и затем учет оценки полученной студентом на зачете.

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Голубчик, Р. М. Учебное пособие по курсу "Литье и обработка давлением" : Технологические расчеты в обработке металлов давлением / Р. М. Голубчик ; Ред. Н. А. Ольшанский . – М. : Изд-во МЭИ, 1984 . – 79 с. : 0.15 .;
2. Голубчик, Р. М. Учебное пособие по курсу "Обработка металлов давлением": Ч.1. Элементы теории обработки металлов давлением / Р. М. Голубчик ; Ред. Н. А. Ольшанский ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1979 . – 62 с.;
3. Голубчик, Р. М. Обработка металлов давлением : методическое пособие по курсу "Технологические процессы в машиностроении" по направлению "Технологические машины и оборудование" / Р. М. Голубчик, Д. В. Меркулов, М. В. Чепурин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 48 с.;
4. Шестаков, Н. А. Моделирование процессов обработки металлов давлением в программном комплексе Forming : учебное пособие для вузов по направлению 150200 "Машиностроительные технологии и оборудование", специальности 150201 "Машины и технология обработки металлов давлением" / Н. А. Шестаков, А. В. Власов, Моск. гос. индустр. ун-т (МГИУ) . – 2-е изд., стереотип . – М. : Изд-во МГИУ, 2008 . – 104 с. - ISBN 978-5-2760-1451-7 .;
5. И. Л. Константинов, С. Б. Сидельников- "Основы технологических процессов обработки металлов давлением", Издательство: "Сибирский федеральный университет (СФУ)",

Красноярск, 2015 - (488 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435694>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
9. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
10. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
11. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|---|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| | Б-103, Учебная аудитория каф. "ТМ" | парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер |
| | Х-101в, Лаборатория неразрушающего контроля | парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Б-400, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Б-400, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-303, Компьютерный читальный зал | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, |

| | | |
|--|---|--|
| | | принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования | Б-400, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная |
| | Х-202б, Кабинет сотрудников кафедры "Технологии металлов" | стол, шкаф, стол письменный |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Х-202в, Помещение кафедры "Технологии металлов" | стол, стул, шкаф |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обработка металлов давлением

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Проверка расчётного задания 1 (Расчетно-графическая работа)
 КМ-2 Проверка расчетного задания 2 (Расчетно-графическая работа)
 КМ-3 Проверка расчетного задания 3 (Расчетно-графическая работа)
 КМ-4 Проверка расчетного задания 4 (Расчетно-графическая работа)
 КМ-5 Проверка расчетного задания 5 (Расчетно-графическая работа)
 КМ-6 Проверка расчетного задания 6 (Расчетно-графическая работа)
 КМ-7 Проверка расчетного задания 7 (Расчетно-графическая работа)
 КМ-8 Проверка расчетного задания 8 (Расчетно-графическая работа)
 КМ-9 Проверка расчетного задания 9 (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ -1 | КМ -2 | КМ -3 | КМ -4 | КМ -5 | КМ -6 | КМ -7 | КМ -8 | КМ -9 |
|---------------|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Неделя КМ: | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 |
| 1 | Элементы теории обработки металлов давлением. | | | | | | | | | | |
| 1.1 | Значение обработки металлов давлением (ОМД) в развитии энергомашиностроения. Задачи ОМД в условиях рыночной экономики. | + | + | | | | | | | | |
| 1.2 | Различные способы образования формы тела и их связь с изменением массы в процессе формообразования. | + | + | + | + | | | | | | |
| 1.3 | Процессы ОМД – технические системы. Классификация стационарных процессов по признакам затрат энергии на формообразование. | + | + | | | | | | | | |
| 1.4 | Закон постоянства массы и условия постоянства объема при пластической деформации. Коэффициенты, характеризующие | | | | + | + | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----|--|--|--|---|---|---|---|--|--|--|
| | изменения размеров деформируемой заготовки (высоты-толщины, ширины и длины). Смещенный объем, удельный смещенный объем, удельный секундный смещенный объем. Скорости деформации и деформирования. | | | | | | | | | |
| 1.5 | Виды деформации в зависимости от температуры. Влияние термомеханических условий на пластичность и сопротивление деформаций. Температурные условия формоизменения. Феноменологическая теория деформируемости без разрушения. Внешнее трение при ОМД. Влияние внешнего трения и формы инструмента на показатели процесса. Природа и виды пониженной пластичности и пути осуществления деформации материалов с пониженной пластичностью. Совместное влияние различных видов пониженной пластичности. Влияние среднего напряжения. | | | + | + | | | | | |
| 1.6 | Силовое взаимодействие рабочего инструмента и деформируемого тела. Напряженно-деформированное состояние. Условие пластичности и его анализ. | | | | | + | | | | |
| 2 | Технология и оборудование различных процессов ОМД. | | | | | | | | | |
| 2.1 | Технология и оборудование различных процессов ОМД. Прокатка металлов. Очаг деформации и его параметры. Условия захвата и установившегося процесса. Давление металла на валки, крутящий момент | | | | | | + | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----|--|---|---|--|--|---|--|---|---|--|
| | и работа прокатки. Продольная, поперечная и винтовая прокатка. | | | | | | | | | |
| 2.2 | Прокатные профили и сортамент проката. Понятия о калибровке и профилировке валков. Основное оборудование прокатных цехов. Общие технологические схемы производства. Методика расчета режима обжатия при прокатке в прокатных цехах. | + | + | | | | | | | |
| 2.3 | Производство горячекатаных листов: удаление окалины; формирование заданной ширины; распределение обжатий по клетям. Особенности получения холоднокатаных листов. | | | | | | | | + | |
| 2.4 | Производство горячедеформированных труб: получение полых гильз, формирование толщины стенки и диаметра. | | | | | | | + | | |
| 2.5 | Производство холоднодеформированных труб для энергомашинотроения. Волочение и прессование: характеристика процессов и сортамент изделий; основное оборудование и технологические операции. Получение труб с использованием волочения. | | | | | | | + | | |
| 2.6 | Свободная ковка: основное оборудование; исходные материалы, применяемый инструмент; построение технологического процесса. | | | | | + | | | | |
| 2.7 | Проектирование поковок: припуски и допуски; масса и размеры исходных заготовок; количество промежуточных подогревов и требуемая мощность оборудования. | | | | | + | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|------|---|--|--|--|--|--|---|--|---|---|--|
| 2.8 | Листовая штамповка: основные операции и оборудование; построение технологического процесса. | | | | | | + | | | | |
| 2.9 | Проектирование штамповок: расчет припусков и допусков; определение размеров плоской заготовки и выбор оборудования для ее получения. | | | | | | + | | | | |
| 2.10 | Специальные виды ОМД. Раскатка колец, гибка труб, получение биметаллических изделий, вальцовка. | | | | | | | | | + | |
| 3 | Изготовление отдельных видов заготовок и изделий для энергомашиностроения оборудования АЭС. | | | | | | | | | | |
| 3.1 | Исходные заготовки и форма изделий. Режимы нагрева крупных слитков. Пути интенсификации нагрева крупных слитков, уменьшение угара и снижения скорости охлаждения деформируемых заготовок. | | | | | | | | | + | |
| 3.2 | Получение обечаек для корпусов реакторов и парогенераторов. Проектирование поковки и расчет припусков и допусков. Определение массы и размеров исходных слитков. Расчет количества промежуточных подогревов и требуемой мощности оборудования. Особенности изготовления обечаек патрубковой зоны. | | | | | | | | + | + | |
| 3.3 | Изготовление днищ и крышек. Получение крупногабаритных заготовок для изготовления цельноштампованных днищ. Проектирования штамповок и расчет припусков и допусков. Определение размеров плоской заготовки и выбор | | | | | | | | + | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|---|---|---|
| | оборудования для ее получения. Расчет массы и размеров исходной заготовки. Особенности изготовления поковок типа валов и дисков турбин АЭС. Трубчатые заготовки и изделия из них. Получение изделий для активной зоны реактора. | | | | | | | | | |
| 3.4 | Техника безопасности и охрана труда в прокатных и кузнечнопрессовых цехах: снижение уровня шума; особенности высокотемпературной технологии; транспортные и монтажные операции. | | | | | | | + | | |
| 4 | Пути совершенствования существующих технологий и оборудования с применением современных тенденций цифровизации. | | | | | | | | | |
| 4.1 | Применение вычислительной техники для оптимизации технологии и экономии металла. Использование полых, удлиненных, лепестковых и высоконусных укороченных слитков для изготовления обечаек, днищ, валов и дисков. Повышение технологической пластичности. | | | | | | | | + | + |
| 4.2 | Новые гидравлические прессы и прокатные станы для получения крупногабаритных заготовок. Российские и зарубежные изобретения для повышения эффективности технологических процессов ОМД. | | | | | | | + | | |
| 4.3 | Опыт применения и использования средств цифровизации в современной обрабатывающей | | | | | | | | + | + |

| | | | | | | | | | | |
|------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | промышленности при проектировании приборов и устройств для целей энергомашиностроения, с использованием математических моделей, сбора и анализа информации с распределенной системы датчиков на всей линии производства заготовки | | | | | | | | | |
| Вес КМ, %: | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 10 |