

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

**Направление подготовки/специальность: 15.03.01 Машиностроение**

**Наименование образовательной программы: Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Обработка металлов давлением**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

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:

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Драгунов В.К.
	Идентификатор	R75d71719-DragunovVK-00c02b9f

(подпись)

В.К.

Драгунов

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-4 умением применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; умением применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении

2. ПК-17 умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Проверка качества оформления задания

1. Проверка расчетного 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)

## БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %									
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
	Срок КМ:	3	5	7	9	10	11	12	13	15
Элементы теории обработки металлов давлением.										
Значение обработки металлов давлением (ОМД) в развитии энергомашиностроения. Задачи ОМД в условиях рыночной экономики.						+				

Различные способы образования формы тела и их связь с изменением массы в процессе формообразования.					+				
Процессы ОМД – технические системы. Классификация стационарных процессов по признакам затрат энергии на формообразование.					+				
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.	+	+	+	+					
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.	+	+	+	+					
Силовое взаимодействие рабочего инструмента и деформируемого тела. Напряженно-деформированное состояние. Условие пластичности и его анализ.	+	+	+	+					
Технология и оборудование различных процессов ОМД.									
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.									
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.							+	+	
Производство горячекатаных листов: удаление окалины; формирование заданной ширины; распределение обжатий по клетям. Особенности получения холоднокатаных листов.					+				
Производство горячедеформированных труб: получение полый гильзы, формирование толщины стенки и диаметра.					+				
Производство холоднодеформированных труб для энергомашиностроения. Волочение и прессование: характеристика процессов и сортамент изделий; основное оборудование и технологические операции. Получение труб с использованием волочения.					+				
Свободная ковка: основное оборудование; исходные материалы, применяемый инструмент; построение технологического процесса.					+				+
Проектирование поковок: припуски и допуски; масса и размеры исходных заготовок; количество промежуточных подогревов и требуемая мощность оборудования.					+				+
Листовая штамповка: основные операции и оборудование; построение технологического процесса.					+				
Проектирование штамповок: расчет припусков и допусков; определение размеров плоской заготовки и выбор оборудования					+				+

для ее получения.									
Специальные виды ОМД. Раскатка колец, гибка труб, получение биметаллических изделий, вальцовка.						+			
Изготовление отдельных видов заготовок и изделий для машиностроения.									
Исходные заготовки и форма изделий. Режимы нагрева крупных слитков. Пути интенсификации нагрева крупных слитков, уменьшение угара и снижения скорости охлаждения деформируемых заготовок.								+	+
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.							+	+	+
Изготовление днищ и крышек. Получение крупногабаритных заготовок для изготовления цельноштампованных днищ. Проектирования штамповки 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.							+	+	+
Пути совершенствования существующих технологий и оборудования									
Применение ЭВМ и цифровизации для оптимизации технологии и экономии металла. Использование полых, удлиненных, лепестковых и высоконусных укороченных	+	+	+	+					

слитков для изготовление обечаек, днищ, валов и дисков. Повышение технологической пластичности.									
Новые гидравлические прессы и прокатные станы для получения крупногабаритных заготовок. Советские, российские и зарубежные изобретения для повышения эффективности технологических процессов ОМД.						+			
Техника безопасности и охрана труда в прокатных и кузнечнопрессовых цехах: снижение уровня шума; особенности высокотемпературной технологии; транспортные и монтажные операции.						+			
Вес КМ:	10	10	10	10	10	10	15	15	10

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ОПК-4	ОПК-4(Компетенция)	<p>Знать:</p> <p>основные методы обработки металлов давлением, применяемые при получении производственного оборудования.</p> <p>основные расчеты для выбора оптимальных режимов.</p> <p>физические процессы, протекающие в конструкционных материалах при различных видах обработки.</p> <p>Уметь:</p> <p>выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического</p>	<p>Проверка расчетного задания 1 (Расчетно-графическая работа)</p> <p>Проверка расчетного задания 2 (Расчетно-графическая работа)</p> <p>Проверка расчетного задания 3 (Расчетно-графическая работа)</p> <p>Проверка расчетного задания 4 (Расчетно-графическая работа)</p> <p>Проверка расчетного задания 7 (Расчетно-графическая работа)</p> <p>Проверка расчетного задания 8 (Расчетно-графическая работа)</p> <p>Проверка расчетного задания 9 (Расчетно-графическая работа)</p>



		оборудования при изготовлении изделий машиностроения. применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения.	
ПК-17	ПК-17(Компетенция)	<p>Знать:  ГОСТ и ТУ, применяемые при изготовлении конструкций и деталей машин в энергомашиностроении. технологию изготовления различных видов конструкций и узлов.</p> <p>Уметь:  целенаправленно применять базовые знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в профессиональной деятельности. обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, контролировать соблюдение технологической</p>	<p>Проверка расчетного задания 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 5 (Расчетно-графическая работа)  Проверка расчетного задания 6 (Расчетно-графическая работа)</p>

		дисциплины при изготовление изделий. осуществлять поиск и анализировать научно- техническую информацию.	
--	--	---	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Проверка расчетного задания 1

**Формы реализации:** Проверка качества оформления задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

#### Краткое содержание задания:

В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: физические процессы, протекающие в конструкционных материалах при различных видах обработки.	1. Дайте определения закона сохранения объёма и массы при ОМД? 2. Объясните отличие абсолютных, относительных и истинных коэффициентов деформации?
Уметь: целенаправленно применять базовые знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в профессиональной деятельности.	1. До деформации заготовка имела высоту 10м, после осадки ковкой - 8м. Определите абсолютное обжатие?

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал полное знание материала описанного в вопросе.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал достаточное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал удовлетворительное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.

### КМ-2. Проверка расчетного задания 2

**Формы реализации:** Проверка качества оформления задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

**Краткое содержание задания:**

В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: физические процессы, протекающие в конструкционных материалах при различных видах обработки.	1. Запишите формулу для расчёта коэффициента вытяжки при безопрямочном волочении трубы?
Уметь: целенаправленно применять базовые знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в профессиональной деятельности.	1. Дать определения смещённого и секундного объёма?

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент показал полное знание материала описанного в вопросе.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент показал достаточное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент показал удовлетворительное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.*

**КМ-3. Проверка расчетного задания 3**

**Формы реализации:** Проверка качества оформления задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 10**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

**Краткое содержание задания:**

В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: физические процессы, протекающие в конструкционных материалах при различных видах обработки.	1. Дать определения скорости деформации и деформирования?
Уметь: целенаправленно применять базовые знания в области математических,	1. Заготовка доковки имела высоту 10м, после осадки - 8м, операция произошла за 10с. Рассчитайте скорости деформации и деформирования?

естественных, гуманитарных и экономических наук в профессиональной деятельности.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент показал полное знание материала описанного в вопросе.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент показал достаточное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент показал удовлетворительное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.*

**КМ-4. Проверка расчетного задания 4**

**Формы реализации:** Проверка качества оформления задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

**Краткое содержание задания:**

В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: физические процессы, протекающие в конструкционных материалах при различных видах обработки.	1.Объясните отличия условия методов Сен-Венана и Мизеса, при определении условия пластичности металла? 2.Что такое коэффициент Лоде?
Уметь: целенаправленно применять базовые знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в профессиональной деятельности.	1.Запишите “энергетическое условие” для определения перехода металла в упругое и пластическое состояние?

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент показал полное знание материала описанного в вопросе.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал достаточное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал удовлетворительное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.

### **КМ-5. Проверка расчетного задания 5**

**Формы реализации:** Проверка качества оформления задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

#### **Краткое содержание задания:**

В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: технологию изготовления различных видов конструкций и узлов.	1.Перечислите основные виды трения при ОМД? 2.В каких способах ОМД - трение является полезным? 3.Опишите основные процессы которые происходят при нагреве и деформации горячего металла?
Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию.	1.Объясните зависимость угла захвата при прокатке от коэффициента трения? 2.Дайте определение наклепа и рекристаллизации, при каких условиях происходят эти процессы и как влияют на прочность металла?

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 80

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал полное знание материала описанного в вопросе.

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал достаточное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал удовлетворительное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.

### **КМ-6. Проверка расчетного задания 6**

**Формы реализации:** Проверка качества оформления задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

**Краткое содержание задания:**

В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: ГОСТ и ТУ, применяемые при изготовлении конструкций и деталей машин в энергомашиностроении.	1.Как рассчитывается плечо усилия и крутящий момент при прокатке? 2.В чем особенность свободной осадки при ковке? 3.Как можно повысить коэффициент трения при горячей прокатке?
Уметь: обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий.	1.Какую длину заготовки берут для определения работы прокатки? 2.Покажите основные схемы прошивки крупной заготовки с использованием горячейковки?

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал полное знание материала описанного в вопросе.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал достаточное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал удовлетворительное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.

**КМ-7. Проверка расчетного задания 7**

**Формы реализации:** Проверка качества оформления задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 15**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

**Краткое содержание задания:**

В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные методы обработки металлов давлением,	1.Дайте определение припуска и допуска? 2.Покажите метод определения припуска и допуска и
--	--

применяемые при получении производственного оборудования.	выбора массы заготовки, на предложенной детали согласно ГОСТ-7062? (Цилиндр с отверстием, раскатанное кольцо, ступенчатый вал)
Уметь: выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения.	1.С какой целью при ковке заготовок с отверстием, делают внутреннее отверстие конусовидным? 2.В чем отличие при определении превышения размеров, по внутренним и внешним поверхностям заготовки?

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал полное знание материала описанного в вопросе.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал достаточное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал удовлетворительное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.

#### **КМ-8. Проверка расчетного задания 8**

**Формы реализации:** Проверка качества оформления задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 15**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

#### **Краткое содержание задания:**

В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные методы обработки металлов давлением, применяемые при получении производственного оборудования.	1.Объясните основные типы используемых в промышленности крышек резервуаров и донных частей? 2.Какими методами можно изготовить крупные крышки для промышленных резервуаров? 3.Перечислите основные способы получения крупных обечаек для изготовления корпусов теплового оборудования?
Уметь: выбирать основные и вспомогательные материалы и	1.Какие интервалы температур используются при горячей штамповке днищ?



способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения.	2.Какие крышки резервуаров могут выдержать большее давление, конической или эллиптической формы? 3.Объясните основные способы снижения трения при штамповке и волочении?
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал полное знание материала описанного в вопросе.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал достаточное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал удовлетворительное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.

**КМ-9. Проверка расчетного задания 9**

**Формы реализации:** Проверка качества оформления задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 10**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

**Краткое содержание задания:**

В соответствии с планом контрольных мероприятий в БАРС, на контрольных неделях проводится текущий контроль и выставляется оценка.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные расчеты для выбора оптимальных режимов.	1.Дайте определения продольной, поперечной и винтовой прокатки? 2.Объяснить основные цели создания цифрового двойника?
Уметь: применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения.	1.Как рассчитываются обжатия и вытяжка при прокатке труб? 2.Объяснить различия закрытой и открытой горячей штамповки? 3.Как выбрать оптимальный профиль валька или штампа, для предложенной детали?

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал полное знание материала описанного в вопросе.

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал достаточное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент показал удовлетворительное для понимания темы - знание материала описанного в вопросе.

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 6 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

Основные процессы используемые при обработке металлов давлением

### Процедура проведения

Зачет с оценкой проводится в смешанной двухстадийной форме: 1) Студенту дается 45 минут на подготовку ответа. За это время он составляет ответ в виде основных тезисов, и показывает основные графические зависимости и схемы. 2) Проводится очная/дистанционная беседа студента и преподавателя, с использованием материалов составленных студентом на первой стадии. По итогу ставится дифференцированная оценка за зачет.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

#### **1. Компетенция/Индикатор:** ОПК-4(Компетенция)

#### **Вопросы, задания**

1. Основные процессы используемые при обработке металлов давлением
2. Построение чертежа заготовки и определение допусков и посадок.
3. Методы повышения эффективности процессов ОМД.

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Студент должен перечислить основные процессы используемые при обработке металлов давлением, дать их краткое описание и схематичное изображение.

Ответы:

1. Основные процессы ОМД: прокатка; ковка; прессование; волочение; объемная штамповка; листовая штамповка; комбинированные способы обработки.

Верный ответ: Прокатка – это обработка давлением заготовок из металла, в ходе которой на них воздействуют прокатные валки. Целью такой операции, для выполнения которой необходимо использование специализированного оборудования, является не только уменьшение геометрических параметров поперечного сечения металлической детали, но и придание ей требуемой конфигурации. Ковка, относится к высокотемпературным методам обработки давлением. Перед началом ковки металлическую деталь подвергают нагреву, величина которого зависит от марки металла, из которого она изготовлена. При прессовании, металл вытесняется из полости матрицы через специальное отверстие в ней. При этом усилие, которое необходимо для осуществления такого выдавливания, создается мощным прессом. Прессованию преимущественно подвергают детали, которые изготовлены из металлов, отличающихся высокой хрупкостью. Методом прессования получают изделия с полым или сплошным профилем из сплавов на основе титана, меди, алюминия и магния, а также порошковых и композиционных материалов. При волочении, основным инструментом, при помощи которого выполняется такая технологическая операция, как волочение, является фильера, называемая также волокой. В процессе волочения круглая или фасонная

металлическая заготовка протягивается через отверстие в фильере, в результате чего и формируется изделие с требуемым профилем поперечного сечения. Наиболее ярким примером использования такой технологии является процесс производства проволоки, который предполагает, что заготовка большого диаметра последовательно протягивается через целый ряд фильер, в итоге превращаясь в проволоку требуемого диаметра. Объемная штамповка, состоит в том, что получение изделия требуемой конфигурации осуществляется при помощи штампа. Внутренняя полость, которая сформирована конструктивными элементами штампа, ограничивает течение металла в ненужном направлении. При листовой штамповки готовые изделия получают из листового металла. В зависимости от того, какого результата необходимо добиться в процессе выполнения такой технологической операции, различают штамповку: разделительную (отрезка, вырубка и пробивка); формообразующую (гибка, вытяжка, раздача, отбортовка, чеканка и др.). Комбинированные способы обработки: волочение с использованием подвижной вращающейся волоки; ротационная ковка.

## 2. Методы повышения эффективности процессов ОМД.

Ответы:

Описать основные методы повышения эффективности и оптимизации при ОМД

Верный ответ: Основные направления повышения эффективности процессов ОМД:

1) Использование совмещенных и комбинированных процессов деформационной и термической обработки; 2) Использование разогрева заготовки при интенсивной деформации и макросдвигов; 3) Использование энерго- и теплосберегающих технологий при нагреве, транспортировке и деформирующей обработке металла заготовки; 4) Использование особенностей теплопередачи и охлаждения при обработке крупногабаритных слитков.

## 3. Построение чертежа заготовки и определение допусков и посадок.

Ответы:

Объяснить критерия выбора превышения размера заготовки при горячей обработке металлов давлением

Верный ответ: Заготовки - поковки изготавливают с припусками на механическую обработку, допусками на ковку и напусками. Допуск на изготовление детали не следует смешивать с припуском на обработку детали. Припуск представляет собой увеличение размера детали сверх номинального на величину слоя металла, снимаемого при механической обработке с целью получения определенной точности размеров и необходимой чистоты рабочих поверхностей. Величина припуска в каждом отдельном случае указывается на чертеже поковки и зависит от длины, толщины, диаметра и сложности конфигурации поковки. Как бы точно ни работал кузнец, он не может без малейших отклонений придать детали все размеры, указанные в чертеже поковки. Поэтому, чтобы ограничить величину отклонения от задаваемых размеров, на чертеже поковки проставляются допуски, ограничивающие неточность работы кузнеца. В тех случаях, когда поковку невозможно изготовить соответственно контуру детали, ее форма упрощается за счет оставления в необходимых местах избыточного металла, называемого напуском. Основные определения и правила установления припусков и допусков на поковки регламентированы ГОСТ 7062. Припуском называется предусмотренное превышение размеров поковки против номинальных размеров детали, обеспечивающее после механической обработки требуемые размеры детали и чистоту ее поверхности. Допуском на кузнечную обработку называется разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами поковки. Верхним отклонением называется разность между наибольшим предельным и номинальным размерами поковки. Нижним отклонением называется разность между номинальным и нижним предельным размерами поковки. Величины припусков на механическую

обработку резанием, допуски на номинальные размеры поковок из углеродистой и легированной стали, изготавливаемых свободной ковкой на молотах, регламентированы ГОСТ 7829. Припуски по ГОСТ 7829 назначаются на номинальные размеры детали, указанные в чертеже детали, при чистоте поверхности 3 или на номинальные размеры, указанные в технологическом чертеже предварительно обработанной (ободранной) заготовки. В таблицах ГОСТ 7829 указаны номинальные величины припусков на размер детали из расчета обработки поковок с двух сторон, а предельные отклонения указаны на номинальные размеры поковок. При обработке детали с одной стороны припуск принимают равным половине величины, указанной в таблицах ГОСТ 7829; верхнее отклонение при этом сохраняют без изменения, а нижнее принимают с коэффициентом 0,5. Для необрабатываемых поковок или участков допуски на соответствующие размеры назначаются по ГОСТ 7829 с коэффициентом 0,5—0,8. Наружные радиусы округлений, утяжки при прошивке и отрубке, сдвиг сечений, смещение отверстия при прошивке, неперпендикулярность граней, неравномерность распределения припуска и другие искажения формы не должны выходить за пределы допуска. Далее студенту необходимо показать схему расчета допусков и припусков по наружным и внутренним поверхностям детали.

## **2. Компетенция/Индикатор: ПК-17(Компетенция)**

### **Вопросы, задания**

1. Основные виды используемых заготовок для ОМД, их виды и параметры.
2. Основные виды слитков и модели слитка дляковки.
3. Выбор и обоснование температурного интервала обработки для различных процессов.
4. Содержание технологической разработки.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Основные виды используемых заготовок для ОМД, их виды и параметры.

Ответы:

Студенту необходимо перечислить основные виды заготовок используемые при ОМД: слитки получаемые литьем; непрерывно-литая заготовка; предварительно-деформированная и катанная заготовка. Также указать основные параметры заготовок.

Верный ответ: При ОМД применяют заготовки из деформируемых металлов и сплавов, к числу которых относятся углеродистые, легированные и высоколегированные стали, жаропрочные сплавы, алюминий, магний, медь, титан и сплавы на их основе, а также молибден, вольфрам, ниобий и др. Все эти материалы характеризуются относительно высокой пластичностью. Слиток служит заготовкой для крупных кованных поковок, масса которых измеряется в тоннах, а минимальная площадь наибольшего поперечного сечения превышает 1200 см<sup>2</sup> (диаметр > 390 мм, сторона квадрата > 350 мм). Слитки из конструкционной стали в зависимости от габаритов изделий отливают массой от 1200 кг до 350 т. Для изделий из легированных сталей слитки имеют меньшую массу. При отливке слиткам придают форму усеченной пирамиды с поперечным сечением круглой, квадратной или многоугольной формы. Широкий конец слитка дляковки (прибыльная часть) располагают вверху. Нижнюю часть слитка называют донной. Металл, который приковке используют для изготовления поковок, располагается между донной и прибыльной частями и называется корпусом слитка. Масса прибыльной и донной частей слитков, отделяемых приковке, соответственно составляет 18-20% и 3-5% соответственно. Для легированной стали эти отходы составляют соответственно 30 и 58%. Описанные слитки имеют по сечению и длине неоднородное строение, содержат дефекты литейного происхождения (усадочная пористость, трещины, газовые пузыри, неметаллические включения и т.д.). Кроме того, для слитков

характерна дендритная ликвация (химическая неоднородность). Блюмы и слябы используют в качестве заготовок для средних по массе поковок, у которых площадь поперечного сечения находится в пределах от 130 до 1200 мм<sup>2</sup>, а габаритный размер варьируется от 140 до 450 мм. Этот вид заготовок применяют также для крупных штампованных поковок. При этом длина блюма может составлять от 1 до 6 м. Эти виды заготовок являются предварительно деформированными заготовками, с поперечным сечением в виде квадрата (блюм) или толстой полосы (сляб). Для большинства штампованных поковок, а также мелких кованных поковок в качестве заготовок применяют сортовой прокат с круглым или квадратным поперечным сечением. Кроме того, для объемной штамповки используется профильный и периодический прокат, а также полосовая заготовка. В последнее время в промышленности широко используется непрерывно-литая заготовка, у которой снимается ограничение по длине заготовок, также она обладает более высоким качеством по сравнению с металлом крупных слитков.

## 2. Основные виды и модели слитков дляковки.

Ответы:

Студенту необходимо перечислить основные виды кузнечных слитков. Затем объяснить их металлургические особенности и применения трех основных моделей слитка.

Верный ответ: Обычные стальные кузнечные слитки отливают сверху в изложницы с полостью, имеющей форму усеченной пирамиды и поперечное сечение шести-, восьми-, двенадцатиугольника. Форма слитка учитывает условия кристаллизации металла и требования к поковке. Прибыльная 1 и донная 3 части слитка 2 удаляются в кузнечном цехе. Масса слитка колеблется в пределах  $M_{сл} = 0,2 - 350$  т. Отношение наибольшей длины  $L$ , используемой для изготовления поковок, к среднему диаметру  $D_{ср}$  слитка обычно изменяется в пределах  $L/D_{ср} = 1,9 - 2,3$ . Для изготовления длинных поковок используются удлиненные слитки с соотношением  $L/D_{ср} = 3$ .

5. Эти слитки не подвергаются осадке бойками в поперечном направлении, либо предусматривается их разрубка на части. Преимущества этих слитков заключаются в более однородном химическом составе металла. Полые слитки получают методом центробежного литья в изложницы с холодильниками. Размеры полого слитка несколько меньше по сравнению с обычными слитками, так,  $L/D_{ср} = 1,25$ . Важным условием кристаллизации является отношение  $L/\delta \approx 4$ , ( $\delta$  – толщина стенки полого слитка). Применяют полые слитки для поковок с отверстиями (устраняется операция прошивки). Преимуществами их являются меньшая продолжительность нагрева перед ковкой и то, что слитки не имеют осевой рыхлости и внецентренной ликвации. Малоприбыльные слитки получают методом дополнительного утепления верхней (прибыльной) части слитка. Это позволяет получать более качественный металл в верхней части, и снижать процент отходов. Бесприбыльные слитки получают методом недолива. Как правило у них меньший процент отходов за счет отсутствия прибыльной части, но такие слитки требуют специальных мер по обработке усадочной раковины (высверливания). Слитки с повышенной конусностью (до 12 гр) – существенно повышают объем основного тела слитка с качественным металлом, но требуют изготовления нестандартных и не ГОСТовских форм. Трех и четырех "лепестковые" слитки, имеют поперечное сечение в виде вытянутых симметричных лепестков. Такие слитки позволяют добиться более высококачественной структуры металла, за счет увеличения макросдвигов при ковке в продольном направлении. Из металлургических особенностей кристаллизации литого металла в слитках, используются три основные модели слитка. При выборе модели необходимо учитывать химический состав и марку стали, массу слитка, количество различных дефектов металла. Первая модель. Слитки высоколегированных сталей и специальных сплавов, характеризуются образованием столбчатых кристаллов, занимающих практически все поперечное сечение слитка, радиально направлены и

распространены по всей высоте; в осевой зоне пористость и дефекты усадочного происхождения. Вторая модель. Слитки средней массы из углеродистых сталей обычного качества, а также непрерывно литой металл - характеризуются образованием развитых зон внеосевой и осевой ликвации, а также осевой рыхлостью. Третья модель. 3. Слитки большой массы углеродистых и среднелегированных сталей - столбчатые кристаллы занимают около 1/6 поперечного сечения и распространены по всей высоте слитка; развитая зона внеосевой ликвации, расположенная на средней трети поперечного сечения с некоторым изменением глубины залегания от поверхности слитка по его высоте; осевая зона, содержащая рыхлость, пористость и обогащена ликватами занимает примерно 1/6 поперечного сечения и 2/3 высоты слитка; деформируемые неметаллические включения имеют различную концентрацию по объему слитка.

### 3. Выбор и обоснование температурного интервала обработки для различных процессов.

Ответы:

Показать основные критерии при выборе температуры нагрева для ОМД

Верный ответ: Металлы и сплавы перед обработкой давлением нагревают до определенной температуры для повышения их пластичности и уменьшения сопротивления деформации. Эту температуру называют температурой начала горячей обработки давлением. Однако в процессе обработки температура металла понижается. Минимальную температуру, при которой можно производить обработку, называют температурой окончания обработки давлением. Область температур между началом и окончанием обработки, в которой металл или сплав обладает наилучшей пластичностью, наименьшей склонностью к росту зерна и минимальным сопротивлением деформации, называют температурным интервалом горячей обработки давлением. Различают оптимальный (допустимый) и технологически необходимый интервалы температурковки, штамповки. Оптимальный интервал определяется разностью температур начала и концаковки, но точно установить эти температуры можно лишь на основании конкретных данных, касающихся металла (с металлургической, металловедческой и эксплуатационной точек зрения). Поэтому обычно указывают ориентировочные температуры, которые затем уточняют. Главный фактор, определяющий эти температуры, — химический состав сплава и определяемые им свойства. Температурный интервал обработки давлением выбирают с учетом диаграммы состояния сплавов. Сталь следует деформировать в определенном интервале температур, расположенном на диаграмме выше точки А<sub>3</sub> и ниже температуры начала плавления. В общем случае температуру начала обработки принимают на 150...200°С ниже линии солидуса, а конца обработки — на 25...50 °С выше точки А<sub>3</sub> (для доэвтектоидных сталей) или точки А<sub>1</sub> (для заэвтектоидных сталей). Из диаграммы железо—углерод следует, что с увеличением количества углерода в стали температурный интервал обработки сужается. При этом особенно резко снижается температура начала обработки. При нагреве металлов и сплавов выше температуры начала горячей обработки начинается интенсивный рост зерна аустенита. Структура становится крупнозернистой, и происходит понижение ее пластических свойств. Это явление называется перегревом. Его считают дефектом, который в большинстве случаев можно устранить отжигом или нормализацией. Однако для некоторых сталей (например, хромоникелевых) исправление перегретого металла сопряжено со значительными трудностями и простой отжиг оказывается недостаточным. При дальнейшем повышении температуры нагрева происходит расплавление легкоплавких составляющих зерен, расположенных по границам. Кроме того, окисление границ зерен кислородом, содержащимся в рабочем пространстве печи, ведет к образованию между зернами хрупкой оксидной пленки и вызывает явление, называемое пережогом и сопровождающееся полной потерей

пластичности. Пережог — неисправимый брак. Нагрев заготовок до больших температур сопровождается и другими вредными явлениями. Металл нагреваемой заготовки, соприкасаясь и химически взаимодействуя с печными газами, содержащими кислород (водяной пар и диоксид углерода), окисляется и обезуглероживается. При этом на поверхности металла образуется окалина, состоящая из оксидов железа. Угар металла при нагреве в пламенных печах достигает 3 %. Иногда технологи снижают верхнюю границу температурного интервалаковки из-за необходимости уменьшить чрезмерное окалинообразование или обезуглероживание металла. Это снижение более значительно для крупных заготовок, поскольку при их нагреве требуется большое время выдержки в печи. Применение ускоренного режима нагрева также позволяет повысить верхний предел температурного интервала, но во всех случаях металл должен выдерживать предусмотренные технологическим процессом деформации без трещинообразования. Если в началековки требуются небольшие деформации, то их можно осуществить при температурах, более высоких, чем при ковке с большими деформациями. Нижнюю границу температурковки, штамповки уточнить более сложно. Здесь необходимо учитывать не только состав стали (заэвтектоидная или доэвтектоидная), но и объемпоковки, качество требуемого металла, наличие или отсутствие термообработкипоковки, способ их охлаждения (в том числе и с использованиемковочной теплоты для термообработки и т. п.). При установленииковочных температур важно учитывать требования, предъявляемые к механическим свойствам металла с учетом характера эксплуатации детали. Если для данной детали предусмотрена термическая обработка, например закалка с отпуском, то правильно выбранная температура концаковки, штамповки (выше точки  $A_{r3}$  для среднеуглеродистой стали) позволяет использоватьковочную теплоту для последующей термической обработки. Если термическая обработка не предусмотрена, то нижний предел интервалаковочных температур ограничивается условиями получения мелкого зерна. Для небольшихпоковок (массой до 1000 кг) температура концаковки, штамповки может быть высокой (на 200...300 °C выше точки  $A_{r3}$ ) или низкой (вблизи этой точки). Несмотря на то, что при высокой температуре концаковки или штамповки зерно будет крупным, можно в результате быстрого охлаждения получить тонкое строение структуры сплава и соответствующие этому механические свойства. Высокая температура конца обработки способствует улучшению технико-экономических показателей производства (росту производительности, уменьшению расхода энергии). Необходимо подбирать такое соотношение температуры и последних деформаций, которое обеспечивало бы оптимальную структуру. При этом следует иметь в виду, что сталь, подвергнутая деформации в интервале критических значений деформации (4...10%), после рекристаллизации будет иметь нежелательную крупнозернистую структуру. Желательно, чтобы в температурном интервале обработки давлением металл находился в однофазном состоянии. В двух- или многофазном состоянии при низкой пластичности одной из фаз возможно разрушение металла. Исключение представляют доэвтектоидные стали, которые при температурах двухфазного состояния между линиями GS и PS (см. рис. 22.1) обладают достаточной пластичностью. Эта пластичность характерна и для заэвтектоидных сталей при температурах выше 750 °C, при которых между линиями ES и SK фиксируется двухфазная структура аустенит + вторичный цементит. Цементит располагается в виде сетки по границам зерен и снижает пластичность стали. Однако после разрушения этой сетки обработкой давлением пластичность стали восстанавливается. Ковка, штамповка среднеуглеродистой стали оканчивается выше точки  $A_{r3}$ , что обеспечивает устойчивую мелкозернистую структуру стали. Для низкоуглеродистой стали (до 0,3% C) допуска более низкая



температурная область конца ковки, штамповки (в промежутке между точками  $A_{r3}$  и  $A_{r1}$ ), особенно для крупных поковок. При этом окончательный размер зерен меньше, чем при завершении ковки при температуре выше точки  $A_{r3}$ . Для заэвтектоидной стали, у которой структурно-свободной фазой является хрупкий цементит, температура конца ковки, штамповки должна быть по возможности более низкой, а охлаждение поковок — быстрым во избежание образования цементитной сетки при высокой температуре в конце обработки. Для разрушения цементитной сетки следует оканчивать ковку, штамповку в интервале температур критических точек  $A_{r3}$ — $A_{r1}$ . В этом случае перед отжигом стали на зернистый перлит нет необходимости проводить нормализацию, а для отжига можно использовать ковочную теплоту. Окончание ковки и штамповки заэвтектоидной стали как можно ближе к точке  $A_{r1}$  неприемлемо для стали с большим содержанием углерода, у которой вследствие графитизации может образоваться такой брак, как «черный излом». В цеховых условиях интервал ковочных температур иногда уточняют исходя из субъективных причин. Конец штамповки корректируют исходя из стойкости инструмента. Разогретые штампы быстро «салятся» при штамповке остывающей заготовки вследствие значительного увеличения сопротивления деформации. Иногда повышение температуры штамповки вызывается недостаточной мощностью используемого оборудования. Максимальный интервал ковочных температур для низкоуглеродистой стали составляет  $-500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для эвтектоидной стали —  $400\text{...}450\text{ }^{\circ}\text{C}$ , заэвтектоидной —  $200\text{...}300\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для высоколегированной стали этот интервал температур еще меньше. Например, для жаропрочной стали он составляет  $100\text{...}150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Интервал ковочных температур обычно уточняют в процессе следующих лабораторных исследований: определяют пластичность стали при осадке до появления первой трещины в пределах ориентировочного интервала ковочных температур; строят кривую изменения ударной вязкости в том же температурном интервале; определяют сопротивления деформации при температурах ориентировочного конца ковки, штамповки; строят график рекристаллизации металла после обработки с различной степенью деформации. Фактически используемый интервал ковочных температур может точно совпасть с оптимальным интервалом лишь в частном случае при равенстве времени  $t_K$ , затрачиваемого на ковку, штамповку, и времени  $t_0$  остывания стали в интервале ковочных температур при данных условиях обработки. Обе эти величины могут значительно изменяться в зависимости от сложности поковки и темпа работы, зависящего от степени механизации процесса и быстроходности оборудования. Если  $t_K < t_0$ , что часто встречается при штамповке, то допустимый интервал температур не используется и технологу следует решить вопрос, за счет какой из температур сократить этот интервал. Высокий нагрев металла без достаточной его проковки не обеспечивает необходимого качества металла даже за счет регулирования скорости охлаждения, поэтому в подобных случаях, чтобы избежать дополнительной термической обработки, приходится сокращать интервал температур за счет снижения верхнего порога температуры процесса. Если  $t_K > t_0$ , то ковку осуществляют в два или большее число приемов.

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на вопросы зачетного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на вопросы зачетного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы зачетного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам.

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

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