Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 25.09.2023 14:48:26
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____ /Е.В. Сафонов/
"02" сентября 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ И РАЗРУШЕНИЯ В ОМД

Направление подготовки
15.03.01 Машиностроение

Профиль подготовки
«Машины и технологии обработки металлов давлением в метизных производствах»

Квалификация (степень) выпускника
бакалавр

Форма обучения
очно-заочная

Москва 2021

1. Цели освоения дисциплины.

К **основным целям** освоения дисциплины **«**Теории пластичности и разрушения в омд**»** следует отнести:

- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению и дисциплине;

- формирование общеинженерных знаний и умений по данному направлению и дисциплине;

- изучение физических основ пластической деформации, основных соотношений теории пластичности, основных методов решения задач обработки металлов давлением, анализ основных операций объемной и листовой штамповки.

К **основным задачам** освоения дисциплины **«теории пластичности и разрушения в омд»** следует отнести:

– освоение методологии, анализа и выбора принципов и методов физических основ пластической деформации, основных соотношений теории пластичности, основных методов решения задач обработки металлов давлением, анализ основных операций объемной и листовой штамповки, в условиях машиностроительных производств.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «**теории пластичности и разрушения в омд**» относится к числу дисциплин по выбору части Б.1.3 основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «**теории пластичности и разрушения в омд**» логически и содержательно взаимосвязана со следующими дисциплинами ООП:

В базовой части цикла (Б.1.1):

- Сопротивление материалов;
- Высшая математика;
- Физика в производственных и технологических процессах.

В вариативной части цикла (Б.1.2):

- Общее материаловедение
- Металлические и неметаллические материалы для метизных производств;

В части дисциплин по выбору (Б.1.3):

- Теория и технология прокатки/ Теория и технология волочения/ Теория и технология прессования;
- Теория и технология холодной листовой штамповки/ Теория и технология горячей листовой штамповки;
- Теория и технология объёмной штамповки/ Теория и технология горячей объёмной штамповки.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций: ОПК-8, ПК-4

Коды компетенций	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	**Знать** основы методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, необходимых для принятия научно-обоснованных решений. **Уметь** применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, необходимых для принятия научно-обоснованных решений. **Владеть** методами решения профессиональных задач, основными приемами обработки данных экспериментальных исследований
ПК-18	Умением применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий	**Знать** основные методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением; **Уметь** выбирать методы стандартных испытаний по определению физико-

		механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением; **Владеть** основными методами стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением.

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 академических часов; из них – 36 часов аудиторных занятий, в том числе: 18 часов лекций, 18 часов лабораторных работ). Формы аттестации: экзамен (Э).

Структура и содержание дисциплины «теории пластичности и разрушения в омд» по срокам и видам работы приведены в Приложении А.

Структура и содержание разделов дисциплины.

Введение и базовые принципы. Физические основы пластической деформации. Строение металлов. Тела кристаллические и аморфные.

Типы кристаллических решеток. Монокристалл и поликристалл. Дефекты кристаллической решетки: точечные, линейные, объемные. Виды дислокаций. Взаимодействие дислокаций. Скольжение и переползание дислокаций. Механизмы размножения дислокаций.

Упрочнение. Деформация поликристалла. Явления, возврат, рекристаллизация, собирательная рекристаллизация. Диаграмма рекристаллизации. Динамическая рекристаллизация и сопротивление деформации металлов при повышенной температуре. Влияние горячей деформации на свойства металла.

Напряжения.

Напряжение на площадке. Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений. Шаровой тензор и девиатор. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Плоское и осесимметрическое напряженное состояния. Уравнения равновесия.

Деформации.

Деформации линейные, угловые и объемные. Деформации в точке. Тензор деформаций. Главные деформации. Условие постоянства объема. Связь между перемещениями и деформациями (малые деформации). Скорости деформации. Плоское деформированное состояние.

Условие пластичности и связь между напряжениями, деформациями и скоростями деформации. Условие пластичности по Сен-Венану и Мизесу. Анизотропия. Гипотеза единой кривой. Кривые упрочнения. Устойчивая и локализованная деформация. Теория малых упруго-пластических деформаций. Теория течения .

Контактное трение при обработке давлением.

Особенности трения при пластической деформации. Трение по Кулону – Амонтону и по Прандтлю. Роль трения при обработке давлением и технологические смазки.

Методы определения деформирующих усилий и работы деформации.

Совместное решение приближенных уравнений равновесия с приближенным условием пластичности. Метод линий скольжения. Экстремальные принципы механики. Метод баланса мощности. Понятие о методе конечных элементов.

Пластичность.

Пластичность при холодной деформации. Зависимость пластичности от показателей напряженного состояния. Диаграмма пластичности. Методы построения диаграммы пластичности.

Критерии разрушения: силовые, деформационные, энергетические, комбинированные. Пластичность при горячей деформации. Пластичность при неоднородной деформации.

Анализ операций объемной штамповки.

Анализ осадки, прямого, обратного, радиального и комбинированного выдавливания. Затекание металла в углы штампа. Анализ облойной штамповки.

Анализ операций листовой штамповки.

Анализ гибки, вытяжки, правки.

Экспериментальные методы исследования пластической деформации. Определение усилия штамповки и запись хода инструмента. Определение нормальных и касательных контактных напряжений.

Исследования деформированного состояния: методы координатных сеток и муара. Экспериментально–аналитические методы исследования напряженного состояния.

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины **«теории пластичности и разрушения в омд»** и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– обсуждение и защита рефератов по дисциплине;

- подготовка и защита лабораторных работ;

– подготовка, представление и обсуждение презентаций на лекционных занятиях.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины **«теории пластичности и разрушения в омд»** и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- реферат по теме: **«теории пластичности и разрушения в омд»** (индивидуально для каждого обучающегося);
- подготовка и выступление на лекциях с презентацией и обсуждением на тему **«теории пластичности и разрушения в омд»** (индивидуально для каждого обучающегося).

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита рефератов и лабораторных работ.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-1	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ПК-18	Умение применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-1 – Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: основы методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, необходимых для принятия научно-обоснованных решений.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний основ методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, необходимых для принятия научно-обоснованных решений	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний основ методов математическог о анализа и моделирования, теоретического и экспериментальн ого исследования, необходимых для принятия научно-обоснованных решений. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний основ методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментальн ого исследования, необходимых для принятия научно-обоснованных решений, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний основ методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментальн ого исследования, необходимых для принятия научно-обоснованных решений, свободно оперирует приобре-тенными знаниями.

		знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.		
уметь: применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, необходимых для принятия научно-обоснованных решений.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, необходимых для принятия научно-обоснованных решений	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений применять методы математическог о анализа и моделирования, теоретического и экспериментальн ого исследования, необходимых для принятия научно-обоснованных решений ти. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умений применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментально го исследования, необходимых для принятия научно-обоснованных решений. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментальн ого исследования, необходимых для принятия научно-обоснованных решений . Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методами решения	Обучающийся не владеет или в	Обучающийся владеет	Обучающийся частично владеет	Обучающийся в полном объеме

профессиональных задач, основными приемами обработки данных экспериментальных исследований	недостаточной степени владеет методами решения профессиональных задач, основными приемами обработки данных экспериментальных исследований.	методами решения профессиональных задач, основными приемами обработки данных экспериментальных исследований в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	методами решения профессиональных задач, основными приемами обработки данных экспериментальных исследований, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации. методами систематического изучения научно-технической информации.	владеет методами решения профессиональных задач, основными приемами обработки данных экспериментальных исследований, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-18 - Умение применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий				
знать: основные методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением;	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов,	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологически	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основные методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств

	используемых в обработке давлением	х свойств материалов, используемых в обработке давлением. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	материалов, используемых в обработке давлением, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	материалов, используемых в обработке давлением, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: выбирать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выбирать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выбирать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологически х свойств материалов, используемых в обработке давлением. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выбирать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: выбирать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

		операровании умениями при их переносе на новые ситуации.		
владеть: основными методами стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет основными методами стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением.	Обучающийся владеет основными методами стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением. допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет основными методами стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет основными методами стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением. свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов аттестации и их описание:

Форма аттестации: экзамен.

Аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».,

Шкала оценивания	***Описание***
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: Основных принципов и функций , но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.
Удовлетворительно	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины.

	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: Основных принципов и функций маркетинга. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, или Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в Приложении Г к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Калпин Ю.Г. и др. Сопротивление деформации и пластичность металлов при обработке давлением. Учебное пособие. М.: Машиностроение, 2011.

2. Голенков В.А. и др. ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ И РАЗРУШЕНИЯ В ОМД. Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2009.

3. Калпин Ю.Г., Перфилов В.И., Филиппов Ю.К. Сопротивление деформации и пластичность металлов при обработке давлением. М.: МГТУ «МАМИ», 2003.

б) дополнительная литература:

1. Сторожев М.В., Попов Е.А. ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ И РАЗРУШЕНИЯ В ОМД. М.: Машиностроение, 1977.

2. Матвеев А.Д. Скорость деформации, деформация при изменении формы тела. М.:МГТУ «МАМИ», 1982.

3. Матвеев А.Д. Напряжение и управления пластического состояния. М.:МГТУ «МАМИ», 1986.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Операционная система, Windows 7 (или ниже) - Microsoft Open License Лицензия № 61984214, 61984216,61984217, 61984219, 61984213, 61984218, 61984215

Офисные приложения, Microsoft Office 2013 (или ниже) - Microsoft Open License Лицензия № 61984042 Антивирусное ПО, Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Лицензии № 175216111706015696016 4

Специализированные программы: T-Flex, Inventor, Autoform, Pam-Stamp, Abaqus.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте Мосполитеха в разделе:

- «Библиотека. Электронные ресурсы» http://lib.mospolytech.ru/lib/content/elektronnyy-katalog
- «Библиотека. Электронно-библиотечные системы» http://lib.mospolytech.ru/lib/ebs
- ЭБС «ЛАНЬ». Коллекция «Инженерно-технические науки» (http://e.lanbook.com);
- БД полных текстов национальных стандартов (ГОСТ, СНиП, РД, РДС и др.) «Техэксперт» (http://www.kodeks.ru);
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://elibrary.ru);
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн (www.biblioclub.ru);
- ЭБС «ZNANIUM.COM» (www.znanium.com);
- ЭБС «ЮРАЙТ» (www.biblio-online.ru);
- Реферативная наукометрическая электронная база данных «Scopus» (http://www/scopus.com);
- База данных «Knovel» (http://www.knovel.com)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Специализированные аудитории кафедры «ОМДиАТ» (ав2509, ав2508) и межкафедральная лаборатория «САПР-ТП» оснащены компьютерным и проекционным оборудованием, современным специализированным программным обеспечением. Лаборатории кафедры «ОМДиАТ» (А-ОМД, ав2102) оснащены штамповочным, заготовительным и испытательным оборудованием, лабораторной и экспериментальной оснасткой, контрольно-измерительными приборами, стендами и наглядными пособиями. Их применение позволяет вести полноценный учебный процесс, проводить практические занятия, а также заниматься с участием студентов исследованиями технологических свойств (штампуемость, сопротивление деформации) металлов, исследованием методов обработки давлением, опытно-конструкторскими работами, прививая обучающимся навыки самостоятельной научно-исследовательской деятельности и профессиональной деятельности. Данные о программном обеспечении, лабораторном оборудовании представлены в справке МТО.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов моделирования технологических процессов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- выполнение домашних заданий по закреплению тем;
- научно-исследовательская работа студентов;
- участие в тематических дискуссиях, олимпиадах.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия.

10. Методические рекомендации для преподавателя

Основное внимание при изучении дисциплины «Основы компьютерного моделирования технологических процессов ОМД» следует уделять изучению основных математических методов применяющихся при моделировании процессов ОМД.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться лабораторной работой.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций и лабораторных работ.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация;
- методические указания для выполнения лабораторных работ.

При проведении занятий по дисциплине применяется система СДО - lms.mospolytech.ru. На платформе СДО по дисциплине могут быть размещены учебные, методические и иные материалы способствующие освоению дисциплины студентом.

При проведении занятий также могут быть реализованы такие формы как вебинары (на платформе ZOOM, Webinar, Webex), онлайн тестирование, промежуточная аттестация с применением электронных средств.

ПРИЛОЖЕНИЯ к рабочей программе

А. Структура и содержание дисциплины

Б. Фонд оценочных средств

Приложение А.

Структура и содержание дисциплины «**ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ И РАЗРУШЕНИЯ В ОМД**»
по направлению подготовки **15.03.01 «Машиностроение»** (бакалавр)
профиль подготовки **«Машины и технологии обработки металлов давлением в метизных производствах»**
(очно-заочная форма обучения)

n/n	**Раздел**	**Семестр**	**Неделя семестра**	**Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах**					**Виды самостоятельной работы студентов**					**Формы аттестации**	
				Л	**П/С**	**Лаб**	**СРС**	**КСР**	**МНР**	**К.П.**	**РГР**	**Реферат**	**К/р**	**Э**	**З**
1.	Введение и базовые принципы. Физические основы пластической деформации. Строение металлов. Тела кристаллические и аморфные.	4	1	1			4								
2	Типы кристаллических решеток. Монокристалл и поликристалл. Дефекты кристаллической решетки: точечные, линейные, объемные. Виды дислокаций. Взаимодействие дислокаций. Скольжение и переползание дислокаций. Механизмы размножения дислокаций.	4	2	2			1								
3	Упрочнение. Деформация поликристалла. Явления, возврат, рекристаллизация, собирательная рекристаллизация. Диаграмма рекристаллизации. Динамическая рекристаллизация и сопротивление	4	3	1		4	4								

	деформации металлов при повышенной температуре. Влияние горячей деформации на свойства металла.														
4	Напряжения. Напряжение на площадке. Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений. Шаровой тензор и девиатор. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Плоское и осесимметрическое напряженное состояния. Уравнения равновесия.	4	4	2			1								
5	Деформации. Деформации линейные, угловые и объемные. Деформации в точке. Тензор деформаций. Главные деформации. Условие постоянства объема. Связь между перемещениями и деформациями (малые деформации). Скорости деформации. Плоское деформированное состояние.	4	5	2			2								
6	Условие пластичности и связь между напряжениями, деформациями и скоростями деформации. Условие пластичности по Сен-Венану и Мизесу. Анизотропия. Гипотеза единой кривой. Кривые упрочнения. Устойчивая и локализованная деформация. Теория малых упруго-пластических	4	6	1		6	6								

	деформаций. Теория течения .														
7	Контактное трение при обработке давлением. Особенности трения при пластической деформации. Трение по Кулону – Амонтону и по Прандтлю. Роль трения при обработке давлением и технологические смазки.	4	7	1											
8	Методы определения деформирующих усилий и работы деформации. Совместное решение приближенных уравнений равновесия с приближенным условием пластичности. Метод линий скольжения. Экстремальные принципы механики. Метод баланса мощности. Понятие о методе конечных элементов.	4	8	2											
9	Пластичность. Пластичность при холодной деформации. Зависимость пластичности от показателей напряженного состояния. Диаграмма пластичности. Методы построения диаграммы пластичности.	4	9	2											
10	Критерии разрушения: силовые, деформационные, энергетические, комбинированные. Пластичность при горячей деформации. Пластичность при неоднородной деформации.	4	10	1		1	4								

11	Анализ операций объемной штамповки. Анализ осадки, прямого, обратного, радиального и комбинированного выдавливания. Затекание металла в углы штампа. Анализ облойной штамповки.	4	11-13	1		5	6								
12	Анализ операций листовой штамповки. Анализ гибки, вытяжки, правки.	4	14	1											
13	Экспериментальные методы исследования пластической деформации. Определение усилия штамповки и запись хода инструмента. Определение нормальных и касательных контактных напряжений.	4	15-16	1			2								
14	Исследования деформированного состояния: методы координатных сеток и муара. Экспериментально–аналитические методы исследования напряженного состояния.	4	17-18	1		6	6								
	Итого:			**18**		**18**	**36**							**Э**	

Приложение Б
к рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 15.03.01 "МАШИНОСТРОЕНИЕ"

ОП (профиль): «Машины и технологии обработки металлов давлением в метизных производствах»

Форма обучения: **очно-заочная**

Вид профессиональной деятельности: производственно-технологическая, научно-исследовательская, проектно-конструкторская

Кафедра: «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ И РАЗРУШЕНИЯ В ОМД»

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств.

2.1 Тематика лабораторных работ

2.2 Контрольные вопросы

2.3 Темы рефератов

2.4 Задания для тестирования

2.5 Пример экзаменационного билета

Составитель:

Калпин Ю.Г.

Москва, 2021

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ И РАЗРУШЕНИЯ В ОМД					
ФГОС ВО **15.03.01 Машиностроение**. Профиль «Машины и технологии обработки металлов давлением в метизных производствах»					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **общепрофессиональные (ОПК)** и **профессиональные (ПК) компетенции**:					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства****	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ОПК-1	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	**Знать** основы методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, необходимых для принятия научно-обоснованных решений. **Уметь** применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, необходимых для принятия научно-обоснованных решений. **Владеть** методами решения профессиональных задач, основными приемами	лекция, самостоятельная работа, лабораторные работы,	Э ЛР, Т, Р	**Базовый уровень:** воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам **Повышенный уровень:** практическое применение полученных знаний в процессе выполнения лабораторных работ; готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при

		обработки данных экспериментальных исследований			недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении
ПК-18	Умение применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий	**Знать** основные методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением; **Уметь** выбирать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением; **Владеть** основными методами стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических свойств материалов, используемых в обработке давлением.	лекция, самостоятельная работа, лабораторные работы	З ЛР, Т, Р	**Базовый уровень:** воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам **Повышенный уровень:** практическое применение полученных знаний в процессе выполнения лабораторных работ; готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении

**- Сокращения форм оценочных средств см. в приложении В к рабочей программе.

Приложение В
к рабочей программе

Перечень оценочных средств по дисциплине
«ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ И РАЗРУШЕНИЯ В ОМД»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос (Э -экзамен)	Диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала	Перечень контрольных вопросов к экзамену
2	Лабораторные работы (ЛР)	Оценка способности студента применить полученные ранее знания для проведения анализа, опыта, эксперимента и выполнения последующих расчетов, а также составления выводов	Перечень лабораторных работ и их оснащение
3	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Фонд тестовых заданий
4	Реферат (Р)	Представление студентом наработанной информации по заданной тематике в виде реферата или презентации	Темы рефератов

Описание оценочных средств

№ п/п	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	ОПК-1, знать:	Реферат, Тестирование
2	ОПК-1, уметь	Защита лабораторных работ
3	ОПК-1, владеть	Защита лабораторных работ
4	ПК-18, знать	Тестирование, контрольные вопросы
5	ПК-18, уметь	Защита лабораторных работ
6	ПК-18, владеть	Защита лабораторных работ

2.1 Тематика лабораторных работ

№ п/п	Наименование работы	Количество часов	Используемое оборудование
1	Построение кривой упрочнения растяжением стандартного цилиндрического образца	6	Испытательная машина Р-20, лабораторная оснастка 2
2	Построение кривой упрочнения сжатием стандартного цилиндрического образца	6	Испытательная машина МУП-50, лабораторная оснастка
3	Сравнение операции выдавливания и волочения цилиндрического образца	6	Испытательная машина МУП-50, лабораторная оснастка
	Итого:	18	

2.2 Контрольные вопросы

1. Тензор напряжений. Главные напряжения.
2. Инварианты тензора напряжений. Физический смысл инвариантов напряжений.
3. Шаровой тензор и девиатор напряжений.
4. Инварианты девиатора напряжений, их физический смысл.
5. Интенсивность напряжений. Векторное представление процесса нагружения в точке деформируемого тела. Понятие о простом и сложном нагружении.
6. Частные случаи напряженного состояния. Осесимметричное напряженное состояние.
7. Компоненты перемещений и деформаций в теории малых деформаций. Шаровой тензор и девиатор деформаций.
8. Инварианты девиатора деформаций. Их физический смысл и геометрическое отображение
9. Вектор деформаций. Векторное представление процесса деформирования.
10. Тензорная система обозначений в теории деформаций и скоростей деформаций

11. Уравнения связи между напряженным и деформированным состоянием для упругой среды.

12. Физические уравнения связи. Гипотеза "единой" кривой. Критерий перехода материала из упругого состояния в пластическое - условия пластичности (текучести).

13. Условие пластичности Мизеса.

14. Частные случаи выражения условий пластичности. Линеаризация условия пластичности Мизеса.

15. Условие пластичности Мизеса и его линеаризация.

16. Условия пластичности Сен-Венана-Треска. Геометрическая интерпретация условий пластичности Мизеса и Треска-Сен-Венана.

17. Работа и мощность деформации для разрывных полей перемещений частиц металла в очаге деформации. Уравнение баланса работ. Влияние температуры и скорости деформации на свойства металлов. Кривые упрочнения.

18. Понятие о холодной, неполной холодной, неполной горячей, горячей, а также их практических аналогов: "теплой", "полугорячей" деформациях в зависимости от термомеханических режимов обработки.

19. Реологические модели и аппроксимация кривых упрочнения.

20. Способы интенсификации процессов листовой штамповки (совмещение операций; дополнительное силовое воздействие на заготовку; создание неоднородного температурного поля в очаге пластической деформации и в зоне передачи силы, схемы операций.

21. Теория малых упруго-пластических деформаций. Ее сущность и области применения.

22. Формоизменяющие операции листовой штамповки: отбортовка, обжим, раздача, рельефная формовка.

23. Определение; схемы процессов; напряженно - деформированное состояние заготовки в очаге пластической деформации; причины и виды потери устойчивости заготовки.

24. Существо инженерного метода решения задач ОМД. Уравнение баланса работ для очагов деформации с непрерывным и разрывным полями перемещений.

25. Определение работ активных (деформирующих) сил, работы внутренних сил, работы сил трения, работы сил среза.

26. Законы трения, используемые при решении задач ОМД.

27. Интенсивность напряжений: напряжение текучести; изменение его при холодной и горячей пластической деформации (кривые упрочнения). Условие пластичности; определение напряжения текучести.

28. Напряженное состояние в точке и в объеме заготовки: описание его с помощью тензора. Уравнения равновесия, условия на контуре. Инвариантные характеристики, количественно описывающие величину и вид напряженного состояния в точке.

29. Физические уравнения связи между напряжениями и деформациями для различных реологических сред (идеально-упругой; идеально пластической, жесткопластической с упрочнением.

30. Статическая и кинематическая теоремы теории пластичности. Их использование для нижних и верхних оценок усилий деформирования при ОМД.

31. Схемы основных операций листовой штамповки: вытяжка первый переход, вытяжка второй и последующий переходы, гибка моментом, гибка в штампах, раздача, отбортовка, формовка, обжим. Показать очаг пластической деформации, записать условие пластичности и уравнение равновесия для операций вытяжки и отбортовки.

32. Способы гибки листовых материалов. Напряженно-деформированное состояние заготовки при изгибе широкой и узкой полос. Вопросы технологии гибки (определение размеров заготовки, минимального радиуса изгиба и углов пружинения). Причины и факторы, влияющие на пружинение; способы уменьшения пружинения.

33. Форма очага деформации, уравнения равновесия и условия пластичности для операций формовки, обжима. Существо методов решения задач при "интегральном" подходе: верхних оценок, метода баланса работ.

34. Существо методов решения задач при "интегральном" подходе: верхних оценок, метод баланса работ.

35. Виды потери устойчивости листовых заготовок при штамповке и способы их предотвращения. Граничные условия в теории ОМД: в перемещениях ("кинематические"), в напряжениях ("статические") и смешанные. Примеры формулировок.

36.Диаграммы пластичности металлов и методика экспериментальных исследований пластических свойств.

37. Аппроксимация диаграмм пластичности.

38. Прогнозирование разрушения в процессах ОМД по критерию Смирнова-Аляева Г.А. Прогнозирование разрушения в процессах ОМД по критерию Колмогорова В.Л. с учетом истории деформации.

39.Теория деформаций. Компоненты перемещений материальных точек и компоненты деформации элементарного объема. Тензор деформаций и девиатор деформаций. Их инварианты. Интенсивность деформаций, как обобщенная характеристика деформированного состояния элементарного объема.

40. Основные упрощающие предположения, используемые в решении технологических задач обработки металлов давлением: осесимметричная деформация, плоская деформация, плоское напряженное состояние, жесткопластическая схема при решении задач ОМД.

41. Применение разрывных решений для очагов деформации со сложной геометрией, упрощенные законы трения и область их применения.

42. Закон трения Зибеля и Кулона, гипотеза плоских сечений.

43. Вытяжка (первый переход; с утонением). Напряженно-деформированное состояние заготовки при вытяжке. Виды потери устойчивости заготовки и причины их порождающие. Конструктивные и технологические параметры, позволяющие управлять процессом вытяжки. Способы интенсификации процессов вытяжки.

44. Векторы абсолютных и относительных перемещений (скоростей). Основные правила составления блочных моделей. Необходимость введения варьируемых параметров, определяющих геометрические размеры очага деформации. Оценка накопленной деформации.

45. Подбор подходящих функций для кинематически возможных перемещений, назначение варьируемых параметров на примере одной из задач (осадка цилиндра, параллелепипеда или кольцевой заготовки, выдавливание). Последовательность решения задач ОМД энергетическим методом.

46. Условие пластичности Мизеса. Линеаризованное условие пластичности. Физический и геометрический смысл условия пластичности

47. Линейная и угловая деформация. Меры деформации: абсолютная, относительная, логарифмическая деформации. Сравнительный анализ различных мер деформаций.

48. Виды дефектов при выполнении операций листовой и объемной штамповки и способы их предотвращения

49. Вытяжка второй и последующие переходы. Напряженно-деформированное состояние заготовки при вытяжке. Виды потери устойчивости заготовки и причины их возникновения.

50. Вытяжка с утонением. Напряженно-деформированное состояние заготовки при вытяжке с утонением. Виды дефектов и причины возникновения.

2.3 Темы рефератов

1. Физические основы пластической деформации.
2. Типы кристаллических решеток. Монокристалл и поликристалл. Дефекты кристаллической решетки: точечные, линейные, объемные.
3. Упрочнение. Деформация поликристалла.
4. Напряжения. Напряжение на площадке. Напряженное состояние в точке.
5. Тензор напряжений. Шаровой тензор и девиатор.
6. Главные напряжения.
7. Инварианты тензора напряжений.
8. Уравнения равновесия.
9. Деформации. Деформации линейные, угловые и объемные.
10. Деформации в точке. Тензор деформаций.
11. Главные деформации.
12. Условие постоянства объема.

13. Скорости деформации.

14. Плоское деформированное состояние.

15. Условие пластичности и связь между напряжениями, деформациями и скоростями деформации.

16. Условие пластичности по Сен-Венану и Мизесу.

17. Гипотеза единой кривой. Кривые упрочнения.

18. Особенности трения при пластической деформации. Трение по Кулону – Амонтону и по Прандтлю. Роль трения при обработке давлением и технологические смазки.

19. Пластичность.

Пластичность при холодной деформации. Зависимость пластичности от показателей напряженного состояния. Диаграмма пластичности. Методы построения диаграммы пластичности.

20. Критерии разрушения: силовые, деформационные, энергетические, комбинированные.

2.4 Задания для тестирования

Бланковое тестирование проводится в начале каждого занятия, начиная со второго, и предназначается для закрепления знаний, полученных на предыдущих лекционных занятиях. Время тестирования составляет 10-15 минут. В задании предлагается не менее 10 тестовых вопросов по теме предыдущего занятия. Каждый тестовый вопрос снабжается несколькими вариантами ответов, среди которых только один является правильным. Применяется следующая шкала оценивания:

-отлично – 9-10 правильных ответов из 10 предложенных вопросов;

-хорошо – 8 правильных ответов;

-удовлетворительно – 7 правильных ответов;

-неудовлетворительно – 6 и менее правильных ответов.

1. Вакансией называется точечный дефект:
   а) возникающий при отсутствии одного атома в узле кристаллической решетки;
   б) возникающий при замене одного атома чужеродным атомом;
   в) возникающий при внедрении атома покинувшего своё место, в межузельное пространство;
   г) для которого вектор Бюргерса отличен от нуля;
   д) возникающий при внедрении чужеродного атома в межузельное пространство.
2. Дислокацией называется:
   а) точечный дефект, возникающий при внедрении атома, покинувшего своё место, в межузельное пространство.
   б) точечный дефект, совершающий перемещение в кристалле;
   в) место расположения точечного дефекта;

г) место расположения линейного дефекта;
д) линейный дефект, для которого вектор Бюргерса отличен от нуля;

3. Контуром Бюргерса называется:
а) контур объемного дефекта;
б) контур, проведенный вокруг ядра дислокации;
в) контур, касательный к экстраплоскости;
г) любой замкнутый контур в идеальном кристалле;
д) контур, касательный к плоскости скольжения.

4. Вектором Бюргерса называется:
а) вектор внешней силы, действующий на кристалл;
б) невязка контура Бюргерса;
в) вектор скорости, с которой движется вакансия;
г) вектор скорости, с которой движется дислокация;
д) сила взаимодействия двух дислокаций разных знаков.

5. Экстраплоскостью называется:
а) дополнительная полуплоскость, являющаяся причиной возникновения краевой дислокации;
б) плоскость, перпендикулярная линии дислокации;
в) плоскость, в которой наблюдается наибольшая плотность атомов;
г) дислокационный барьер;
д)плоскость, в которой действуют максимальные касательные напряжения.

6. Плоскостью скольжения называется:
а) дополнительная полуплоскость, являющаяся причиной возникновения краевой дислокации;
б) плоскость, перпендикулярная линии дислокации;
в) плоскость, перпендикулярная экстраплоскости и заключающая в себе линию дислокации;
г) дислокационный барьер;
д) плоскость с наибольшей плотностью атомов.

7. Краевой дислокацией называется:
а) дислокация, расположенная на краю кристалла;
б) замкнутая дислокационная петля;
в) дислокация, линия которой является отрезком прямой;
г) линейный дефект, вектор Бюргерса которого перпендикулярен линии дислокации;
д) линейный дефект, вектор Бюргерса которого параллелен линии дислокации.

8. Винтовой дислокацией называется:
а) дислокация, линия которой является винтовой линией;
б) замкнутая дислокационная петля;
в) дефект, образуемый винтовой экстраплоскостью;
г) линейный дефект, вектор Бюргерса которого перпендикулярен линии дислокации;

д) линейный дефект, вектор Бюргерса которого параллелен линии дислокации.

9. При пластической деформации плотность дефектов возрастает в результате:
   а) действия источников генерации дислокаций;
   б) аннигиляции дислокаций;
   в) преодоления дислокациями дислокационных барьеров;
   г) давление на металл;
   д) переползание дислокаций.
10. Трансляцией называется:
   а) преодоление дислокациями дислокационных барьеров;
   б) перемещение дислокаций в плоскости скольжения;
   в) перед дислокацией из одной плоскости скольжения в другую;
   г) массовая миграция вакансий;
   д) отталкивание друг от друга дислокаций разных знаков.
11. Переползанием дислокаций называется:
   а) преодоление дислокациями дислокационных барьеров;
   б) перемещение дислокаций в плоскости скольжения;
   в) переход дислокаций из одной плоскости скольжения в другую;
   г) массовая миграция дислокаций;
   д) отталкивание друг от друга дислокаций разных знаков.
12. Двойникованием называется:
   а) поворот части кристалла вокруг некоторой оси;
   б) разделение дислокации на две;
   в) отталкивание друг от друга дислокаций разных знаков;
   г) генерация двух дислокационных петель разных знаков;
   д) разделение вакансии на две части.
13. Для чистых металлов возврат начинается при ($T_{пл}$ – температура плавления по шкале Кельвиса):
   а) 0,1 $T_{пл}$;
   б)(0,2 ÷ 0,3) $T_{пл}$;
   в) 0,4 $T_{пл}$;
   г) (0,6 ÷ 0,7) $T_{пл}$;
   д) 0,8 $T_{пл}$.
14. Для чистых металлов рекристаллизация начинается при ($T_{пл}$ - температура плавления по шкале Кельвиса):
   а) 0,1 $T_{пл}$;
   б)(0,2 ÷ 0,3) $T_{пл}$;
   в) 0,4 $T_{пл}$;
   г) (0,6 ÷ 0,7) $T_{пл}$;
   д) 0,8 $T_{пл}$.
15. Диаграммой рекристаллизации называется:
   а) зависимость числа рекристаллизированных зерен от температуры отжига;

б) зависимость размеров рекристаллизированных зерен от предварительной деформации и температуры отжига;
в) зависимость числа рекристаллизированных зерен от предварительной деформации и температуры отжига;
г) зависимость отношения длины рекристаллизированного зерна к его ширине от температуры отжига;
д) зависимость размеров рекристаллизированных зерен от времени отжига.

16. Динамической рекристаллизацией называется рекристаллизация:
а) в результате воздействия на металл ударной нагрузки;
б) приводящая к появлению двойников;
в) от действия остаточных напряжений;
г) протекающая после штамповки при остывании поковок;
д) протекающая одновременно с деформацией.

17. Текстурой называется:
а) структура, видимая невооруженном глазом;
б) структура, видимая только под микроскопом;
в) следы течения неметаллических включений в металле;
г) полосчатая микроструктура, образующая при значительной монотонной холодной деформации;
д) полосчатая микроструктура, образующая при значительной горячей деформации.

18. Волокнистой структурой называется:
а) структура, видимая невооруженном глазом;
б) структура, видимая только под микроскопом;
в) следы течения неметаллических включений в металле;
г) полосчатая микроструктура, образующая при значительной монотонной холодной деформации;
д) полосчатая микроструктура, образующая при значительной горячей деформации.

19. Истинная деформация при равномерном растяжении вычисляется по формуле (ℓ_0 - ℓ_k - начальная и конечная длина образца):

а) $\varepsilon = \ell_k - \ell_0$;

б) $\varepsilon = \frac{\ell_k - \ell_0}{\ell_0}$;

в) $\varepsilon = \frac{\ell_k}{\ell_0}$;

г) $\varepsilon = \ell n \frac{\ell_k}{\ell_0}$;

д) $\varepsilon = \ell n \frac{\ell_k - \ell_0}{\ell_0}$.

20. Кривые упрочнения строят в координатах:
    а) истинная деформация – истинное напряжение;
    б) истинная деформация – условное напряжение;
    в) абсолютная деформация – абсолютное напряжение;
    г) относительная деформация – предел текучести;
    д) условная деформация – истинное напряжение.
21. Потерей пластической устойчивости называется:
    а) продольный изгиб образца;
    б) разрыв образца;
    в) начало образования шейки;
    г) начало пластического течения;
    д) появление первой трещины.
22. Шейка на образце при растяжении появляется в момент, когда ($\sigma -$ напряжение, $\varepsilon -$ деформация растяжения):
    а) $\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = 0$;
    б) $\sigma = \sigma_{max}$;
    в) $\varepsilon = \varepsilon_{max}$;
    г) $\frac{d\sigma}{d\varepsilon} \to \infty$;
    д) $\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \sigma$.
23. Областью критических деформаций называется область при деформировании которой:
    а) напряжения в заготовке достигают значений, приводящих к разрушению металла;
    б) контактные напряжения достигают значений, приводящих к разрушению инструмента;
    в) деформации достигают значений, приводящих к разрушению металла заготовки;
    г) деформации достигают значений, приводящих к потере пластической устойчивости;
    д) деформации достигают значений, приводящих к укрупнению зерна.

24. Даны компоненты тензора напряжений $\sigma_{ij}(i, j = 1,2,3)$. Это означает, что:
    а) хотя бы одно из приведённых чисел достигает предела текучести;
    б) ни одно из приведенных чисел не равно нулю;
    в) сумма трёх нормальных компонент равна нулю;
    г) $\sigma_{ij} \neq \sigma_{ji}$;

д) компоненты σ_{ij} изменяются вполне определённым образом при преобразовании координат.

25. Условие парности касательных напряжений имеет вид:

а) $\sigma_{11}\sigma_{22} = \sigma_{22}\sigma_{33} = \sigma_{33}\sigma_{11}$;

б) $\sigma_{12} = \sigma_{21};\ \sigma_{23} = \sigma_{32};\ \sigma_{31} = \sigma_{13}$.

в) $\sigma_{12}^2 = \sigma_{23}^2 = \sigma_{31}^2$;

г) $\sigma_{12}\sigma_{23} = \sigma_{23}\sigma_{31} = \sigma_{31}\sigma_{12}$;

д) $\sigma_{11}^2 + \sigma_{22}^2 + \sigma_{33}^2 = 1$.

26. Условие постоянства объема:

а) $\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33} = 0$;

б) $\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33} = 1$;

в) $\varepsilon_{11}\varepsilon_{22}\varepsilon_{33} = 0$;

г) $\varepsilon_{11}\varepsilon_{22}\varepsilon_{33} = 1$;

д) $\varepsilon_{11}\varepsilon_{22} + \varepsilon_{22}\varepsilon_{33} + \varepsilon_{33}\varepsilon_{11} = 0$.

27. Уравнения равновесия (без учета массовых сил ℓ_i, ℓ_j - направляющие косинусы):

а) $\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33} = 0$;

б) $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$;

в) $\dfrac{\partial \sigma_{ij}}{\partial \chi_j} = 0$;

г) $\sigma_{ij}\ell_j = 0$;

д) $\sigma_{ij}\ell_i\ell_j$.

28. Угол между максимальными касательными напряжениями и главными осями составляет:

а) 0^0;
б) 30^0;
в) 45^0;
г) 60^0;
д) 90^0.

29. Соотношения Коши устанавливают связь между:

а) напряжениями в двух системах координатных осей;
б) напряжениями и деформациями;

в) напряжениями и скоростями деформаций;
г) полем скоростей и полем скоростей деформаций;
д) полем скоростей деформаций и полем деформаций.

30. Знак компоненты напряжения, действующей на координатной площадке, определяется:
а) направлением силы, действующей на площадку;
б) направлением перемещения площадки;
в) направлением данной компоненты напряжения;
г) произведением направления действия напряжения и перемещения;
д) произведением знаков направления и адреса.

31. Гидростатическим давлением называется:
а) наибольшее нормальное напряжение;
б) разность между наибольшим и наименьшим нормальным напряжением;
в) первый инвариант напряженного состояния;
г) среднее нормальное напряжение, взятое с обратным знаком;
д) девиатор напряженного состояния.

32. Согласно теории течения:
а) металла течет в направлении наименьшего сопротивления;
б) упругая деформация пренебрежимо мала по сравнению с пластической;
в) тензоры напряжений и деформаций подобны;
г) девиаторы напряжений и скоростей деформации подобны;
д) течение металла происходит в направлении действия наибольших напряжений.

33. Согласно гипотезе пластичности Сен-Венана (σ_i - интенсивность напряжений; τ_{max} - максимальное касательное напряжение):

а) $\sigma_i = \sigma_1$;

б) $\sigma_i = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$;

в) $\sigma_i = \sigma_s$;

г) $\tau_i = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$;

д) $\tau_{max} = \tau_s$.

34. Согласно гипотезе пластичности Мизеса (σ_i -интенсивность напряжений; τ_{max} - максимальное касательное напряжение):

а) $\sigma_i = \sigma_1$;

б) $\sigma_i = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$;

в) $\sigma_i = \sigma_s$;

г) $\tau_i = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$;

д) $\tau_{\max} = \tau_s$.

35. Гипотеза единой кривой заключается в том, что:

а) кривая упрочнения, построенная в координатах «накопленная деформация – интенсивность напряжений», не зависит от вида напряженно-деформированного состояния;

б) положение точки в пространстве деформаций, характеризующей деформированное состояние, не зависит от вида кривой, пройденной точкой;

в) положение точки в пространстве деформаций не зависит от длины отрезка, соединяющего точку с началом координат;

г) диаграмма пластичности – одна и та же для любого металла.

д) путь, пройденный точкой в пространстве деформаций – один и тот же для любого металла.

36. Мощность, развиваемая при пластической деформации в условиях неоднородного напряженно-деформированного состояния может быть найдена по формуле (V – объем очага деформации):

а) N = PU (P и U - сила и скорость деформирования);

б) N = $\sigma_{\max} U_{\max}$;

в) N = $\sigma_i \varepsilon_i$;

г) N = $\iiint_V \sigma_i \varepsilon_i dV$;

д) N = $\iiint_V \sigma_i \dot{\varepsilon}_i \, dV$;

37. Кинематически допустимым полем скоростей называется поле, удовлетворяющее:

а) уравнениям равновесия;

б) соотношениям Коши;

в) условию постоянства объема и граничным условиям;

г) условию пластичности Сен-Венана;

д) условию пластичности Мизеса.

38. Действительным полем скоростей называется такое кинематически допустимое поле, которое удовлетворяет:

а) соотношениям Коши;

б) соотношениям теории течения;

в) условию минимума полной мощности деформации;

г) условию пластичности Сен-Венана;

д) условию пластичности Мизеса.

39. При использовании «инженерного» метода условие пластичности записывается приближенно, т.е.:
    а) условие, записанное в главных осях, распространяется на произвольные оси;
    б) вместо условия Мизеса записывается условие Сен-Венана;
    в) не учитывается упрочнение металла;
    г) условие пластичности записывается только для плоской задачи;
    д) осесимметричная задача сводится к плоской.
40. Варьируемыми параметрами называются:
    а) сила, работа и мощность деформации;
    б) коэффициенты контактного и внутреннего трения;
    в) коэффициенты полиполя при решении вариационной задачи методом Ритца;
    г) температурные и скоростные условия деформации;
    д) геометрические параметры поковки.
41. Накопленной деформацией называется:
    а) деформация к концу процесса;
    б) деформация к моменту разрушения;
    в) интеграл по времени от интенсивности скоростей деформации;
    г) максимальная главная деформация;
    д) разность между максимальной и минимальной линейными деформациями.
42. Шаровой тензор деформаций равен:
    а) $\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_3}{2}$;
    б) нулю;
    в) $\frac{\delta_1 + \varepsilon_3}{2}$;
    г) девиатору деформаций;
    д) тензору деформаций.
43. Контактные касательные напряжения τ_k по Кулону-Амонтону (σ_m - нормальное напряжение; σ_{cp} - среднее нормальное напряжение; $\sigma_ш$ - интенсивность напряжений);
    а) $\tau_k = \mu\sigma_n$;
    б) $\tau_k = \mu\sigma_{cp}$;
    в) $\tau_k = \mu\sigma_1$;

г) $\tau_k = \mu\sigma_i$;

д) $\tau_k = \mu\sigma_s$;

44. Контактные касательные напряжения по Прандтлю:

а) $\tau_k = \mu\sigma_n$;

б) $\tau_k = \mu\sigma_{cp}$;

в) $\tau_k = \mu\sigma_1$;

г) $\tau_k = \mu\sigma_{11}$;

д) $\tau_k = \mu\sigma_s$;

45. При решении задачи об осадке цилиндрической заготовки с учетом контактного трения инженерным методом исходными уравнениями являются:

а) соотношения Коши и условие пластичности;

б) уравнения равновесия и условие пластичности;

в) соотношения Леви-Мизеса и условие пластичности;

г) уравнения Бюргерса и условие пластичности;

д) аппроксимация кривой упрочнения и условие пластичности.

46. При анализе процесса осадки методом баланса мощности исходными данными являются:

а) соотношения Коши и условие пластичности;

б) кинематическое допустимое поле скоростей;

в) уравнения равновесия и условие пластичности;

г) соотношения Леви-Мизеса и условие пластичности;

д) закон Кулона-Амонтона и условие пластичности.

47. На нейтральном слое при гибке между радиальными напряжениями в зоне растяжения $\sigma_{\rho 1}$ и в зоне снятия $\sigma_{\rho 2}$ существует следующее соотношение:

а) $\sigma_{\rho 1} = \sigma_{\rho 2} = 0$;

б) $\sigma_{\rho 1} = \sigma_{\rho 2} = \sigma_{\rho \max}$;

в) $\sigma_{\rho 1} = \sigma_{\rho 2} = \sigma_s$;

г) $\sigma_{\rho 1} - \sigma_{\rho 2} = \sigma_s$;

д) $\sqrt{\sigma_{\rho 1}\sigma_{\rho 2}} = \sigma_s$

48. Во фланце листовой заготовки при вытяжке между радиальными σ_ρ и патенциальными σ_φ напряжениями существуют следующие соотношения:

а) $\sigma_\rho = \sigma_\varphi = 0$;

б) $\sigma_\rho = \sigma_\varphi = \sigma_s$;

в) $\sigma_\rho - \sigma_\varphi = \sigma_s$;

г) $\sigma_\varphi - \sigma_\rho = \sigma_s$;

д) $\sqrt{\sigma_\rho \sigma_\varphi} = \sigma_s$.

49. При анализе процесса выдавливания цилиндрического стержня через коническую матрицу методом баланса мощности целесообразно применить координаты:
    а) декартовы;
    б) цилиндрические;
    в) конические;
    г) сферические;
    д) торондальные;
50. Неполная горячая деформация характеризуется следующими процессами:
    а) отдых протекает, возврат – нет;
    б) возврат протекает, отдых – нет;
    в) возврат протекает, рекристаллизация – нет;
    г) возврат протекает, рекристаллизация – частично;
    д) рекристаллизация протекает, возврат – частично.
51. Пластичностью называется:
    а) способность металла течь под нагрузкой;
    б) пластическая деформация при интенсивности напряжений меньше предела текучести;
    в) конечная деформация к моменту начала разрушения;
    г) накопленная деформация к моменту начала разрушения;
    д) накопленная деформация к концу процесса разрушения.
52. Годографом называется:
    а) план скоростей;
    б) поле скоростей;
    в) прибор для регистрации хода;
    г) схематическое изображение очага деформации;
    д) силовой многоугольник.
53. Коэффициентом напряженного состояния называется:
    а) корень кубичный из третьего инварианта;
    б) отношение максимального касательного напряжения к интенсивности напряжений;
    в) отношение максимального нормального напряжения к интенсивности напряжений;
    г) отношение второго инварианта к интенсивности напряжений;
    д)отношение среднего нормального напряжения к интенсивности напряжений.
54. Диаграммой пластичности называется:
    а) зависимость пластичности от накопленной деформации;
    б) зависимость пластичности от показателя напряженного состояния;
    в) зависимость пластичности от сопротивления деформации;

г) зависимость размера зерна от накопленной деформации;
д) зависимость сопротивления деформации от размера зерна.

55. Степенью использования запаса пластичности по Колмогорову называется:
а)отношение среднего нормального напряжения к интенсивности деформаций;
б) отношение накопленной деформации к конечной деформации;
в) интеграл по накопленной деформации от отношения приращения деформации к ординате на диаграмме пластичности при текущем значении показателя напряженного состояния;
г) интеграл по времени от скорости деформации;
д) интеграл по накопленной деформации от показателя напряженного состояния.

56. При холодной деформации пластичность зависит от показателя напряженного состояния и:
а) модуля упрочнения;
б) модуля упругости;
в) интенсивности напряжений;
г) показателя Лодэ-Надан;
д) показателя Леви-Мизаса.

57. При горячей деформации пластичность не зависит от:
а) температуры;
б) скорости деформации;
в) шарового тензора деформации;
г) структуры;
д) пути нагружения.

58. При холодной деформации пластичность не зависит от:
а) показателя напряженного состояния;
б) скорости деформации;
в) показателя Лодэ-Надан;
г) структуры металла;
д) марки материала.

59. Эффектом Баушингера называется:
а) снижение напряжения течения при перемене знака деформации;
б) упрочнение при повторном нагружении;
в) уменьшение пластичности при повторном нагружении;
г) увеличение напряжения при перемене знака деформации;
д) разогрев металла при пластической деформации.

60. При простом нагружении тепловой эффект деформации определяют по формуле (с – удельная теплоемкость; γ - плотность).

а) $\Delta T = \frac{\tau_{\max} \varepsilon_i c}{\gamma}$;

б) $\Delta T = \frac{\sigma_i \varepsilon_i}{c\gamma}$;

в) $\Delta T = \sigma_i \varepsilon_i c\gamma$;

г) $\Delta T = \frac{\sigma_i \varepsilon_i \tau_{\max} \gamma}{c}$;

д) $\Delta T = \frac{\sigma_i \sqrt{\varepsilon_i} c}{\gamma}$.

ОТВЕТЫ

НА ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ И РАЗРУШЕНИЯ В ОМД»

№ ВОПРОСА	№ ОТВЕТА	№ ВОПРОСА	№ ОТВЕТА
1	А	31	Г
2	Д	32	Г
3	Г	33	Д
4	Б	34	В
5	А	35	А
6	В	36	Д
7	Г	37	В
8	Д	38	В
9	А	39	А
10	Б	40	В
11	В	41	В
12	А	42	Б
13	Б	43	А
14	В	44	Д
15	Б	45	Б
16	Д	46	Б
17	Г	47	Б
18	В	48	В
19	Г	49	Г
20	Д	50	Г
21	В	51	Г
22	Д	52	А
23	Д	53	Д
24	Д	54	Б
25	Б	55	В
26	А	56	Г
27	В	57	В
28	В	58	Б
29	Г	59	А
30	Д	60	Б

2.5 Пример экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Машиностроения, кафедра «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»
Дисциплина «ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ И РАЗРУШЕНИЯ В ОМД»
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение (очно-заочная форма обучения)
Образовательная программа (профиль) «Машины и технологии обработки металлов давлением в метизных производствах»
Курс 2, семестр 4

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №6

1. Виды деформации. Абсолютная, относительная, логарифмическая.
2. Условие пластичности Сен-Венана

Утверждено на заседании кафедры «___» сентября 20____ г., протокол №___.

Зав. кафедрой _____ /П.А. Петров/