Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 22.07.2026 15:53:06
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения

_____ /Е.В. Сафонов/

«__26__» ____февраля_____ 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки
15.03.01 Машиностроение

Профиль подготовки
«Машины и технология обработки материалов давлением»

Квалификация (степень) выпускника
бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

профессор каф. «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»,
д.т.н., профессор /Ю.Г. Калпин/

Согласовано:
Зав. каф. «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»,
к.т.н., доцент. /А.Г. Матвеев/

Руководитель образовательной программы «Машины и технологии обработки материалов давлением», доц., канд.техн.наук /Е.В. Крутина/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины 4
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
5. Материально-техническое обеспечение 8
6. Методические рекомендации 9
7. Фонд оценочных средств 11

9. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Теория обработки металлов давлением» 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 «Теория обработки металлов давлением» 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.

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие ИУК-1.2. Осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи ИУК-1.3. Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки

10. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория обработки металлов давлением» относится к числу учебных дисциплин обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» и входит в образовательную программу подготовки бакалавров.

Эта дисциплина связана со следующими дисциплинами ООП:
«Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Физика».

11. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, т.е. 144 академических часа.

11.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			5	
1	**Аудиторные занятия**	**54**	54	
	В том числе:			

1.1	Лекции	36	36	
1.2	Семинарские/практические занятия			
1.3	Лабораторные занятия	18	18	
2	**Самостоятельная работа**			
	В том числе:	**90**	90	
2.1	Курсовая работа			
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**экзамен**	экзамен	
	Итого	**144**	144	

11.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	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.	10	2				8
2	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.	12	4				8
3	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	12	4				8
4	Деформации. Деформации линейные, угловые и объемные. Деформации в точке. Тензор деформаций. Главные деформации. Условие постоянства объема. Связь между перемещениями и	12	4				8

	деформациями (малые деформации). Скорости деформации. Плоское деформированное состояние.						
5	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.	32	4		18		10
6	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.	20	4				16
7	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.	10	2				8
8	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.	12	4				8
9	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.	12	4				8
10	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.	12	4				8
	Итого	**144**	**36**		**18**		**90**

11.3 Содержание дисциплины

Тема 1.

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.

Тема 2.

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.

Тема 3.

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

Тема 4.

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.

Тема 5.

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.

Тема 6.

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.

Тема 7.

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.

Тема 8

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.

Тема 9.

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.

Тема 10.

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.

11.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия не предусмотрены

3.4.2. Лабораторные занятия

Лабораторная работа №1 Построение кривой упрочнения по результатам испытания на сжатие цилиндрического образца.

Лабораторная работа № 2.Построение кривой упрочнения по результатам испытания на растяжение цилиндрического образца.

Лабораторная работа № 3. Построение кривой упрочнения по результатам испытания на кручение цилиндрического образца.

11.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовые работы не предусмотрены

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение

12.1 Нормативные документы и ГОСТы

1.ГОСТ 18970-84. Обработка металлов давлением. Операции ковки и штамповки

12.2 Основная литература

1. Прикладная теория пластичности. [Электронный ресурс] : моногр. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2015. — 284 с. — Режим доступа:http://e.lanbook.com/book/71993 — Загл. с экрана.

2. Калпин Ю.Г., Крутина Е.В., Исаева Е.А. Теория обработки металлов давлением: Учебное пособие. – М.: Университет машиностроения [электронный ресурс],

12.3 Дополнительная литература

1. Молотников, В.Я. Теория упругости и пластичности. [Электронный ресурс] / В.Я. Молотников, А.А. Молотникова. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2017. — 532 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/94741 — Загл. с экрана.

2 Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1977.

12.4 Электронные образовательные ресурсы

1. ЭОР «Теория обработки металлов давлением»
URL: https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=9916

12.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Не предусмотрено.

12.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Консультант Плюс
URL: https://www.consultant.ru/
2. Информационная сеть «Техэксперт»
URL: https://cntd.ru/

13. Материально-техническое обеспечение

Проведение лекций и семинарских занятий осуществляется в общеуниверситетских аудиториях, где по возможности можно предусмотреть демонстрацию фильмов, слайдов или использовать раздаточные материалы. Лаборатории кафедры «ОМДиАТ» (А-ОМД, ав2102)

оснащены штамповочным, заготовительным и испытательным оборудованием, лабораторной и экспериментальной оснасткой, контрольно-измерительными приборами, стендами и наглядными пособиями.

14. Методические рекомендации

14.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная, лабораторная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, лабораторные работы консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям по курсу необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывть содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий – обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа.

Преподаватель, принимающий зачёт или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

14.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа студента направлена на:

- изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям и выполнение практических работ
- подготовка и выполнение тестирования с использованием общеобразовательного портала
- написание и защита курсовой работы по предложенной теме

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Не следует откладывать работу также из-за нерабочего настроения или отсутствия вдохновения. Настроение нужно создавать самому. Понимание необходимости выполнения работы, знание цели, осмысление перспективы благоприятно влияют на настроение.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям

спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

15. Фонд оценочных средств

15.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины. Перечень обязательных работ и форма отчетности представлены в таблице.

Перечень обязательных работ, выполняемых в течение семестра по дисциплине «Теория обработки металлов давлением»

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Лабораторные работы	Оформленные выполненные практические работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «зачтено», если выполнены и оформлены все работы.
Тестирование	Оценка преподавателя, если результат тестирования по шкале составляет более 41 %.

15.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

7.2.1. Шкала оценивания тестирования

Результат тестирования оценивается по процентной шкале оценки.

Оценка	Количество правильных ответов
отлично	от 81% до 100%
хорошо	от 61% до 80%
удовлетворительно	от 41% до 60%
неудовлетворительно	40% и менее правильных ответов

7.2.2. 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).

Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. 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 виды учебной работы, предусмотренные учебным планом Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками. При этом могут быть допущены ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации, исправленные при повторном ответе.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. 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.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. 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.

15.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Пример тестовых заданий:

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.

7.3.2. Промежуточная аттестация

7.3.2.1. Вопросы к экзамену по дисциплине «Теория обработки металлов давлением»:

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.