Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 19.06.2024 11:34:16
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____ /Е.В. Сафонов/
«15» февраля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория обработки металлов давлением

Направление подготовки
22.03.02. «Металлургия

Образовательная программа (профиль подготовки)
«Инновации в металлургии»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очно-заочная, заочная

Москва, 2024 г.

Разработчик:

Доцент кафедры металлургии  Хламкова С.С.

Согласовано:

Заведующий кафедрой металлургии  Шульгин А.В.

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине....4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы....5
3. Структура и содержание дисциплины....5
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость....5
3.2. Тематический план изучения дисциплины....6
3.3. Содержание дисциплины....8
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий....9
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)....10
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение....10
4.1. Нормативные документы и ГОСТы....10
4.2. Основная литература....10
4.3. Дополнительная литература....10
4.4. Электронные образовательные ресурсы....10
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение....11
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы....11
5. Материально-техническое обеспечение....12
6. Методические рекомендации....12
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения....12
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины....12
7. Фонд оценочных средств....13
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения....13
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения....13
7.3. Оценочные средства....14

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области обработки металлов давлением, развитие и углубление знаний по механике сплошных сред применительно к теории и технологии обработки металлов давлением

Задачи:

– изучение общих закономерностей протекания пластических деформаций в технологиях обработки металлов давлением;

– изучение причин неравномерности деформации и способов предотвращения дефектов;

– изучение законов механики обработки металлов давлением, определяющих напряженно- деформированное состояние и силовые характеристики процессов обработки металлов давлением;

– формирование навыков исследования характера формоизменения заготовок в технологиях обработки металлов давлением.

Планируемые результаты обучения – освоение основных закономерностей процессов пластической деформации, способов производства металлопродукции, овладение теоретическими основами природой прочности, пластичности и разрушения металлов и сплавов

Обучение по дисциплине «Теория обработки металлов давлением» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

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
ПК-2 Способен обеспечить выполнение производственного задания подразделением производства горячекатаного проката цветных металлов и сплавов.	ИПК-2.1. Знает основные технологии металлургического производства, статистическую обработку данных. ИПК-2.2. Умеет устанавливать отклонения данных от нормального распределения, обнаруживать и исключать выбросы в

	выборке данных, обосновывать решения ИПК-2.3. Владеет применением основ теории металлургических процессов при решении технологических задач металлургического производства.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».
«Теория обработки металлов давлением» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- математика;
- физика;
- механика сплошных сред.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(е) единиц(ы) (108 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1.Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр
1	**Аудиторные занятия**	**36**	6
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	6
1.2	Семинарские/практические занятия	18	6
1.3	Лабораторные занятия		
2	**Самостоятельная работа**	**72**	6
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		Экзамен
	Итого	**108**	6

3.1.2.Заочная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр
1	**Аудиторные занятия**	**10**	7

	В том числе:		
1.1	Лекции	6	7
1.2	Семинарские/практические занятия	4	7
1.3	Лабораторные занятия		
2	**Самостоятельная работа**	**98**	7
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		Экзамен
	Итого	**108**	7

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1.Очно-заочная форма обучения

п/п	**Разделы/темы Дисциплины**	**Трудоемкость, час**					
		Всего	**Аудиторная работа**				**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1 1	**Раздел 1. Основные технологические процессы ОМД**	**14**	**2**	**6**			**6**
1.1	Тема 1. Способы придания металлу формы: литье, обработка резанием, спекание порошков, обработка давлением.		1	6			3
1.2	Тема 2. Краткая характеристика процессов обработки давлением		1				3
2 2	**Раздел 2. Кристаллическое строение металлов**	**20**	**2**	**6**			**12**
2.1	Тема 1.Типы кристаллических решеток		1				6
2.2	Тема 2. Анизотропия свойств кристаллов.		1	6			6
3	**Раздел 3. Получение монокристаллов**	**22**	**4**				**18**
3.1	Тема 1. Механизмы деформации монокристаллов.		2				6
3.2	Тема 2. Холодная деформация поликристаллов.		1				6
3.3	Тема 3. Фазовые превращения в холодном состоянии.		1				6
4	**Раздел 4. Расширенное**	**16**	**4**				**12**

	определение видов ОМД – горячая, теплая, холодная.						
4.1	Тема 1. Влияние теплой, горячей и холодной ОМД на механические и пластические свойства, величину и форму зерен.		2				6
4.2	Тема 2. Основные принципы и режимы получения ОМД новых конструкционных материалов.		2				6
5	**Раздел 5. Трение при ОМД.**	**20**	**2**	**6**			**12**
5.1	Тема 1.Определение трения: трение скольжения и качения. Виды трения.		1				6
5.2	Тема 2. Роль технологической смазки. Методы экспериментального определения коэффициента трения.		1	6			6
6	**Раздел 6. Силовые параметры при ОМД.**	**16**	**4**				**12**
6.1	Тема 1. Роль силовых параметров при разработке процессов ОМД.		2				6
6.2	Тема 2. Расчет энергосиловых параметров процессов ОМД.		2				6
	Итого	**108**	**18**	**18**			**72**

3.2.2. Заочная форма обучения

п/п	**Разделы/темы дисциплины**	**Трудоемкость, час**					
		Всего	**Аудиторная работа**				**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1 1	**Раздел 1. Основные технологические процессы ОМД**						
1.1	Тема 1. Способы придания металлу формы: литье, обработка резанием, спекание порошков, обработка давлением.		1				4
1.2	Тема 2. Краткая характеристика процессов обработки давлением						10
2 2	**Раздел 2. Кристаллическое строение металлов**						
2.1	Тема 1.Типы кристаллических решеток		1				6

2.2	Тема 2. Анизотропия свойств кристаллов.			2			6
3	**Раздел 3. Получение монокристаллов**						
3.1	Тема 1. Механизмы деформации монокристаллов.		1				6
3.2	Тема 2. Холодная деформация поликристаллов.						10
3.3	Тема 3. Фазовые превращения в холодном состоянии.		1				6
4	**Раздел 4. Расширенное определение видов ОМД – горячая, теплая, холодная.**						
4.1	Тема 1. Влияние теплой, горячей и холодной ОМД на механические и пластические свойства, величину и форму зерен.						10
4.2	Тема 2. Основные принципы и режимы получения ОМД новых конструкционных материалов.		1				6
5	**Раздел 5. Трение при ОМД.**						
5.1	Тема 1.Определение трения: трение скольжения и качения. Виды трения.						10
5.2	Тема 2. Роль технологической смазки. Методы экспериментального определения коэффициента трения.			2			6
6	**Раздел 6. Силовые параметры при ОМД.**						
6.1	Тема 1. Роль силовых параметров при разработке процессов ОМД.		1				8
6.2	Тема 2. Расчет энергосиловых параметров процессов ОМД.						10
	Итого	**108**	**6**	**4**			**98**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Основные технологические процессы ОМД

Тема 1**.** Предмет и построение курса, его основные разделы и связь с другими дисциплинами. Способы придания металлу формы: литье, обработка резанием, спекание порошков, обработка давлением. Условие постоянство объема.

Тема 2. Краткая характеристика процессов обработки давлением – ковка, штамповка объемная, штамповка листовая, прессование, волочение, прокатка продольная и винтовая.

Раздел 2. Кристаллическое строение металлов

Тема 1**.** Типы кристаллических решеток. Кубическая, объемно- центрированная, кубическая гранецентрированная, гексагональная решетки.

Тема 2. Анизотропия свойств кристаллов. Условие постоянства объема и коэффициенты деформации. Анизотропия пластических свойств листовых металлов**.**

Раздел 3. Получение монокристаллов

Тема 1. Механизмы деформации монокристаллов – скольжение, двойникование. Системы скольжения. Понятие о теории дислокации.

Тема 2. Холодная деформация поликристаллов. Механизмы деформации. Понятие о теоретической прочности и плотности. Влияние химического состава и температуры на сопротивление деформации и пластичность. Влияние степени и скорости деформации на сопротивление деформации и пластичность. Изменение свойств металлов и порошков при холодной ОМД. Упрочнение. Кривые упрочнения. Изменение пластичности. Изменение формы зерен. Образование текстуры деформации. Изменение плотности, электропроводности, коррозионной стойкости, упругости, магнитных свойств. Тепловой эффект деформации.

Тема 3. Фазовые превращения в холодном состоянии. Изменение свойств наклепанного металла при нагреве. Возврат (отдых). Рекристаллизация. Пространственные диаграммы рекристаллизации. Критическая степень деформации. Построение кривой упрочнения второго рода.

Раздел 4. Расширенное определение видов ОМД – горячая, теплая, холодная.

Тема 1**.** Влияние горячей ОМД на механические и пластические свойства, величину и форму зерен. Холодная ОМД (области применения, преимущества и недостатки). Назначение и расчет деформационных режимов. Свойства и качество изделий. Теплая ОМД.

Тема 2. Основные принципы и режимы получения ОМД новых конструкционных материалов из порошковых, гранулированных материалов, а также слоистых и композиционных полуфабрикатов, состоящих из металлов с разными физико-химическими свойствами. Горячая ОМД (области применения, преимущества и недостатки). Температурный режим горячей обработки. Назначение и расчет деформационных режимов. Режимы термомеханической обработки.

Раздел 5. Трение при ОМД.

Тема 1. Определение трения: трение скольжения и качения. Виды трения скольжения: сухое, полусухое, полужидкостное, жидкостное, граничное. Роль трения в ОМД: влияние на схему напряженного состояния и усилие, износ инструмента, качество поверхности изделия, условие захвата при прокатке. Причины неравномерности деформации: несоответствие формы тела и инструмента, внешнее трение, неоднородность механических свойств, анизотропия свойств кристаллов.

Тема 2. Правило наименьшего сопротивления и наименьшего периметра. Роль технологической смазки. Методы экспериментального определения коэффициента трения. Данные о величине коэффициента трения в различных условиях ОМД. Определение напряжения трения по закону Кулона.

Раздел 6. Силовые параметры при ОМД.

Тема 1. Роль силовых параметров при разработке процессов ОМД и проектировании технологического оборудования. Понятие о полном усилии, элементарном давлении в точке на контакте с инструментом или на границе пластической и упругой зон; давление, напряжение и деформации в объеме тела.

Тема 2**.** Метод решения приближенных уравнений равновесия и уравнения пластичности Метод работ. Область применения метода. Преимущества и недостатки. Вариационные методы. Метод верхней оценки. Визиопластические методы. Расчет энергосиловых параметров процессов ОМД. Сопротивление пластической деформации при обработке металлов давлением.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1.Семинарские/практические занятия

Практическое занятие 1. Условие постоянства объёма
Практическое занятие 2. Расчет коэффициентов деформации
Практическое занятие 3. Расчеты с коэффициентом трения

3.4.2.Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Учебным планом не предусмотрены

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

При изучении дисциплины не предусмотрены

4.2 Основная литература

1. Теория обработки металлов давлением [электронный ресурс] : электрон. учебн.-метод. комплекс дисциплины / Н.Н. Загиров [и др.] ; Сиб. федерал. ун-т. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – on-line. URL: http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/60/ (дата обращения 18.10.2014). – Режим доступа : свободный.

2. Основы технологических процессов обработки металлов давлением [электронный ресурс] : электрон. учебн.-метод. комплекс дисциплины / С.Б. Сидельников [и др.] ; Сиб. федерал. ун-т. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – on-line. URL: http://files.lib.sfu- kras.ru/ebibl/umkd/72/ (дата обращения 18.10.2016). – Режим доступа: свободный.

4.3 Дополнительная литература

1. Селиванов В.В. Механика разрушения деформируемого тела. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1999. – 420 с.

2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. В 2-х томах.. – М.: Наука, 1994. – 528 с

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. Теория обработки металлов давлением
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=836

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Наименование	Разработчик ПО (правообладатель)	Доступность (лицензионное, свободно распространяемое)	Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии)
1.	Мой Офис	ООО "НОВЫЕ ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301558/?sphrase_id=943375

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
Информационно-справочные системы			
1.	Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http:// www.consultant.ru	Доступно
Электронно-библиотечные системы			

1.	Лань	https://e.lanbook.com/	Доступна в сети Интернет без ограничений
2.	IPR Books	https://www.iprbookshop.ru/	Доступна в сети Интернет без ограничений
Профессиональные базы данных			
1.	База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	http://www.elibrary.ru	Доступно
2.	WebofScienceCoreCollection – политематическая реферативно-библиографическая инаукометрическая (библиометрическая) база данных	http://webofscience.com	Доступно

5. Материально-техническое обеспечение

Аудитории кафедры «Металлургия» ав1204, ав1205, ав1206, ав1206а оснащены ноутбуками, проектором, экраном, учебным материалом.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

При организации учебных занятий (лекций, семинаров, практических занятий, лабораторных, самостоятельных и выпускных работ, а также курсового проектирования) следует использовать элементы интерактивного обучения на всех этапах для вовлечения студентов в процесс познания. Для этого целесообразно использовать следующие формы:

– диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие преподавателя и студента;

– моделирование, то есть воспроизведение в условиях обучения по данной дисциплине процессов, происходящих в реальности;

– компьютеризация обучения для интенсификации и расширения возможностей образовательного процесса;

– использование средств наглядности: стенды с комплектом учебно-методической литературы, плакаты по темам, натурные образцы, мультимедийные системы, картотеку учебных видеослайдов и видеофильмов и др.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для максимальной индивидуализации деятельности студента, Учебным планом предусматривается время для самостоятельной работы.

Среди основных видов самостоятельной работы традиционно выделяют: творческую деятельность студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультациях и домашней подготовке к лекциям, семинарским и практическим занятиям, зачетам и экзаменам, презентациям и докладам; написание рефератов, выполнение лабораторных и контрольных работ; участие в научной работе и пр.

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке дополнительной литературы.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

- контроль текущей успеваемости (текущий контроль);
- промежуточная аттестация (зачет).

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная 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».

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение студентом всех предусмотренных форм текущего контроля.

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков, предусмотренных при изучении дисциплины, 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 способов ОМД, теории процессов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.
Удовлетвори-тельно	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основных способов ОМД, теории процессов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.

Неудовлетво-рительно	Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, ИЛИ Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков, предусмотренных при изучении дисциплины, 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.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

В процессе обучения используются оценочные средства рубежного контроля успеваемости и промежуточных аттестаций и следующие виды самостоятельной работы:

- чтение рекомендуемой литературы при подготовке к лекционным, практическим и самостоятельным (контрольным) заданиям;
- бланковое и компьютерное тестирование;
- рефераты, доклады на СНК.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке дополнительной литературы.

Для расширения знаний следует использовать также сведения, полученные из Интернет-источников на соответствующих сайтах, а также проводить поиск в различных системах, таких как Yandex, Rambler, и пользоваться специализированными сайтами, такими как www.anticor.ru, http://www.naukaran.ru, http://www.maik.ru и другими, рекомендованными преподавателем на лекционных занятиях.

7.3.2. Промежуточная аттестация

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

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ПК-2	Способностью обеспечить выполнение производственного задания подразделением производства горячекатаного проката цветных металлов и сплавов.
УК-1	Способностью осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

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.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации

1. Способы придания металлу формы: литье, обработка резанием, спекание порошков, обработка давлением.
2. Условие постоянство объема. Краткая характеристика процессов обработки давлением – ковка, штамповка объемная, штамповка листовая, прессование, волочение, прокатка продольная и винтовая.
3. Кристаллическое строение металлов. Типы решеток – кубическая, объемно-центрированная, кубическая гранецентрированная, гексагональная.
4. Анизотропия свойств кристаллов. Условие постоянства объема и коэффициенты деформации.
5. Получение монокристаллов. Механизмы деформации монокристаллов – скольжение, двойникование.
6. Холодная деформация поликристаллов. Механизмы деформации.
7. Упрочнение. Кривые упрочнения. Изменение пластичности. Изменение формы зерен. Образование текстуры деформации.
8. Расширенное определение видов ОМД – горячая, теплая, холодная. Влияние горячей ОМД на механические и пластические свойства, величину и форму зерен.
9. Холодная ОМД (области применения, преимущества и недостатки). Назначение и расчет деформационных режимов. Свойства и качество изделий.
10. Основные принципы и режимы получения ОМД новых конструкционных материалов из порошковых, гранулированных материалов, а также слоистых и композиционных полуфабрикатов, состоящих из металлов с разными физико-химическими свойствами.
11. Трение при ОМД. Определение трения: трение скольжения и качения.
12. Виды трения скольжения: сухое, полусухое, полужидкостное, жидкостное, граничное.
13. Роль трения в ОМД: влияние на схему напряженного состояния и усилие, износ инструмента, качество поверхности изделия, условие захвата при прокатке.

14.Причины неравномерности деформации: несоответствие формы тела и инструмента, внешнее трение, неоднородность механических свойств, анизотропия свойств кристаллов.

15. Правило наименьшего сопротивления и наименьшего периметра. Роль технологической смазки.

16. Методы экспериментального определения коэффициента трения. Данные о величине коэффициента трения в различных условиях ОМД. Определение напряжения трения по закону Кулона.

17. Силовые параметры при ОМД. Роль силовых параметров при разработке процессов ОМД и проектировании технологического оборудования

18. Понятие о полном усилии, элементарном давлении в точке на контакте с инструментом или на границе пластической и упругой зон; давление, напряжение и деформации в объеме тела.

19. Метод решения приближенных уравнений равновесия и уравнения пластичности

20. Метод работ. Область применения метода. Преимущества и недостатки. Вариационные методы. Метод верхней оценки.

21. Визиопластические методы. Расчет энергосиловых параметров процессов ОМД.

22. Сопротивление пластической деформации при обработке металлов давлением.