

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)

Филиал «Протвино»
Кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств»



УТВЕРЖДАЮ

Директор

[Signature]

подпись

/Евсиков А.А./

Фамилия И.О.

» 06

2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Физические основы обработки металлов давлением

наименование дисциплины (модуля)

Направление подготовки

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

код, наименование

Уровень высшего образования

бакалавриат

бакалавриат, магистратура, специалитет

Направленность (профиль) образовательной программы

«Автоматизация технологических процессов и производств»

Форма обучения

очная

очная, очно-заочная, заочная

Протвино, 2022

Автор(ы) программы:

Сасов А.М. к.т.н., доцент,

кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств»

*Фамилия И.О., должность, ученая степень (при наличии),
ученое звание (при наличии), кафедра;*


подпись

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению
подготовки высшего образования

15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры

«Автоматизация технологических процессов и производств»

(название кафедры)

Протокол заседания № 9 от «29» июня 2022 г.

Заведующий кафедрой

Маков П.В.

(Фамилия И.О., подпись)



Эксперт (рецензент): Воробьев А.П., д.ф.-м.н., начальник лаборатории
детектирующих систем ФГБУ ГНЦ ИФВЭ им А.А. Логунова, НИЦ «Курчатовский институт»

(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность; если текст рецензии не прилагается – подпись эксперта (рецензента), заверенная по месту работы)

Оглавление

1 Место дисциплины в структуре ОПОП	4
2 Планируемые результаты обучения по дисциплине	4
3 Объем дисциплины	4
4. Содержание дисциплины	5
5 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине.....	14
6 Фонды оценочных средств по дисциплине	14
7 Ресурсное обеспечение.....	15
Приложение к рабочей программе дисциплины.....	19

1 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физические основы обработки металлов давлением» **имеет целью** сформировать у обучающихся профессиональную УК-1 компетенцию в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» с учетом направленности бакалаврской программы – «Автоматизация технологических процессов и производств».

Студенты **получают знания** современной теоретической базы, а также основных направлений развития технологических процессов обработки металлов давлением в машиностроительных отраслях.

Задачи дисциплины заключаются в изучении физических процессов протекающих в металлах и сплавах при их обработке давлением, наработке навыков выбора технологии и оборудования для изготовления деталей методами давления.

Специфика курса учитывает особенности информационных технологий для студентов с ограниченными возможностями здоровья. Преподавание данного курса происходит с использованием адаптированной компьютерной техники.

Объектами профессиональной деятельности в рамках изучаемой дисциплины (модуля) являются:

- физико-механические процессы и явления, технологическое оборудование и оснастка, установки, агрегаты, приборы, контрольно измерительная аппаратура и другие объекты различных отраслей промышленности.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физические основы обработки металлов давлением» Б1.В.06 относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной дисциплиной;

Дисциплина преподается в III семестре II курса.

Приступая к изучению дисциплины «Физические основы обработки металлов давлением», студент имеет знания и навыки по дисциплинам: «Материаловедение», «Физика», «Безопасность жизнедеятельности».

3 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Формируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и формулировка)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие	Знать специфику системного подхода

4 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, всего 144 академических часов.

5. Содержание дисциплины очная форма обучения

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (академ. часы)	в том числе:						Самостоятельная работа обучающегося
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) ¹						
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	КРП*	...	Всего	
III семестр								
Раздел 1. Физические основы пластической деформации металлов и сплавов Тема 1.1. Кристаллическое строение металлов и сплавов Тема 1.2. Полиморфизм металлов, его влияние на структуру металлов Тема 1.3. Упругая и пластическая деформация металлов	6	4	Не предусмотрены программой					2
Раздел 2. Физические закономерности обработки металлов давлением Тема 2.1. Механизм разрушения металлов при нагружении Тема 2.2. Основные закономерности процессов обработки металлов давлением	6	2		2				2

¹ Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

Раздел 3. Характеристика технологических процессов обработки металлов давлением Тема 3.1. Обработка металла непрерывным давлением на заготовку Тема 3.2. Обработка металла дискретным воздействием на заготовку Тема 3.3. Требования к материалу заготовки для обработки давлением	7	2		1				4
Раздел 4. Пластическая деформация металлов и сплавов в горячем состоянии Тема 4.1. Степень пластичности различных металлов и сплавов Тема 4.2. Влияние температуры заготовки на свойства стали при горячей обработке давлением Тема 4.3. Физико-химические особенности применения технологической смазки при обработки металлов давлением	16	4		2				10
Раздел 5. Технологическое оборудование для обработки металлов давлением Тема 5.1. Прокатное оборудование. Тема 5.2. Машины динамического и ударного действия	10	2		2				6
Раздел 6. Ковка и штамповка металлов Тема 6.1. Технологические операции ковки Тема 6.2. Технологические принципы горячей объемной штамповки	16	4		2				10
Раздел 7. Технологические принципы прессования профилей из металлов Тема 7.1. Методы прессования металлов Тема 7.2. Получение периодических профилей	14	4		2				8
Раздел 8. Технология производства зубчатых колес и проволоки методом давления Тема 8.1. Изготовление зубчатых колес методом накатки Тема 8.2. Технология волочения полуфабрикатов из стали и цветных металлов	12	4		2				6
Раздел 9. Физические основы технологических процессов изготовления изделий из листовых заготовок Тема 9.1. Разделительные технологические процессы листовой штамповки	16	4		2				10

Тема 9.2. Формоизменяющие технологические процессы Тема 9.3. Основы физико-технологических процессов гибки листовых и профилированных заготовок								
Раздел 10. Технологический процесс изготовления бесшовных и сварных труб Тема 10.1. Технология производства бесшовных горячекатаных труб Тема 10.2. Сварные трубы из низколегированных и низкоуглеродистых сталей	14	4		2				8
Промежуточная аттестация: экзамен	27	X						
-курсовая работа -курсовой проект	X							
Итого по дисциплине	144	34		17				66

**КРП - часы контактной работы на курсовую работу (проект) по дисциплине. Часы относятся к внеаудиторной контактной работе, выполняются вне расписания учебных занятий по дисциплине. Указываются, если предусмотрены учебным планом.*

Содержание дисциплины

Раздел 1. Физические основы пластической деформации металлов и сплавов

Тема 1.1. Кристаллическое строение металлов и сплавов

Зависимость потенциальной энергии взаимодействия двух атомов от расстояния между ними. Вклад сил притяжения и отталкивания между атомами на формирование правильной трехмерной кристаллической решетки. Типы кристаллических решеток металлов.

Тема 1.2. Полиморфизм металлов, его влияние на структуру металлов

Диффузия атомов металла в процессе кристаллизации. Факторы, влияющие на скорость роста и форму кристаллов. Причины образования точечных и линейных дефектов кристаллов. Степень переохлаждения, скрытая теплота кристаллизации. Перекристаллизация металла в твердом состоянии. Когерентная связь между старой и новой решеткой. Особенности полиморфных превращений железа и титана.

Тема 1.3. Упругая и пластическая деформация металлов

Причины происхождения упругой деформации. Модуль упругости кристаллических тел. Влияние текстуры на модуль упругости. Деформация в кристаллах металлов путем скольжения или двойникования. Основные закономерности пластической деформации. Дислокационный механизм пластической деформации.

Раздел 2. Физические закономерности обработки металлов давлением

Тема 2.1. Механизм разрушения металлов при нагружении

Хрупкое и вязкое разрушение металлов. Влияние концентраторов напряжений на распределение напряжений по сечению нагружаемого изделия. Зарождение и распространение трещины при хрупком разрушении. Поверхностные дефекты. Факторы, влияющие на хрупкое и вязкое состояние металлов. **Диаграмма растяжения металлов.** Текучесть металлов. Текстура металлов. Наклеп.

Тема 2.2. Основные закономерности процессов обработки металлов давлением

Закон постоянства объема – формула. Расчеты объема и размеров исходной заготовки. Расчет переходов и изменения размеров заготовки в процессе получения поковки. Закон подобия. Определение усилий пластического деформирования металла и затрачиваемой при этом работы. Закон наименьшего сопротивления. Абсолютные деформации: обжатие, уширение, удлинение. Относительные деформации. Коэффициент вытяжки. Скорость деформации – формула. Закон трения: поверхностное трение из-за шероховатостей на плоскостях бойков, или поверхностях ручьев штампа, создает сопротивление течению металла.

Раздел 3. Характеристика технологических процессов обработки металлов давлением

Тема 3.1. Обработка металла непрерывным давлением на заготовку

Прокатка. Инструменты и оборудование. Силловые взаимодействия между валками и прокатываемым материалом. Продукция: блюмы – квадратного сечения, слябы – прямоугольный параллелепипед. Заготовками для получения блюмов и слябов являются – слитки. Заготовительные прокатные станы. Сортовой прокат. **Прессование.** Выдавливание металла пуансоном из контейнера через матрицу. Изделия: простые и сложные, сплошные и пустотелые профили постоянного и переменного сечения по длине. Волочение. Протягивание заготовки через отверстие в волоке. Заготовка – продукция проката. Изделия: тонкостенные трубы, пустотелые профили, калиброванные прутки, проволока.

Тема 3.2. Обработка металла дискретным воздействием на заготовку

Ковка – деформация металла кратковременным воздействием инструмента на заготовку. Универсальные инструменты – бойки, верхний и нижний. Ковочная температура заготовки. Свободное течение металла. Ручная ковка, машинная ковка.

Объемная штамповка. Деформирование заготовки в полости штампа. Высокая точность поковки. Заготовка – прокат, разрезанный на мерные части. Оборудование – молоты, пресса, ковочные машины. Продукция: коленчатые валы, зубчатые колеса, турбинные лопатки.

ки, кронштейны и др.

Листовая штамповка. Преобразование двухмерной заготовки в трехмерную, объемную деталь. Инструмент – штамп. Пуансон, матрица и прижим. Оборудование – механические и гидравлические прессы. Штамповка в холодном состоянии. Малая шероховатость поверхности и повышенная прочность изделия. Листоштамповочные агрегаты. Высокая производительность. Автоматизация производства. Авиационная промышленность, автомобилестроение и др.

Тема 3.3. Требования к материалу заготовки для обработки давлением

Ковкость – свойство металла изменять свою форму, под действием ударов или давления, не разрушаясь. Пластичность металла. Химический состав и кристаллическая структура деформируемого металла. Характер напряженного состояния при деформации заготовки. Неравномерность деформации металла. Скорость деформации заготовки и ее температура. Изменение факторов изменяют пластичность.

Состав и структура. Зависимость свойств от химического состава материала. Влияние содержания углерода на пластичность стали. Олово, сурьма, свинец и сера кристаллизуются на межзеренной границе – снижают пластичность стали при горячей деформации. Неоднородность микроструктуры снижает пластичность. Однофазные сплавы, всегда пластичнее, чем двухфазные

Неравномерность деформации. Неравномерность деформации вызывает дополнительные напряжения. Растягивающие напряжения снижают пластичность и способствуют хрупкому разрушению. С повышением скорости деформации при горячей деформации металла пластичность снижается.

Раздел 4. Пластическая деформация металлов и сплавов в горячем состоянии

Тема 4.1. Степень пластичности различных металлов и сплавов

Металлы пластичные в холодном состоянии – алюминий, медь, свинец, латунь. Сплавы пластичные только в нагретом состоянии – углеродистые и легированные стали. Хрупки как в холодном, так и в нагретом состоянии все марки чугунов. Кристаллическая структура и фазовый состав перечисленных металлов и сплавов. Взаимосвязь свойств сплавов с их структурой.

Тема 4.2. Влияние температуры заготовки на свойства стали при горячей обработке давлением

Критичные температуры при горячей обработке давлением: область пережога; зона перегрева; зона горячей обработки давлением; зона наклепа. Кристаллическая структура металла в каждой зоне нагрева. Зависимость технологических свойств заготовки от ее кристаллической структуры. Влияние времени нагрева заготовки на качество ее поверхности и износ деформирующего инструмента. Обезуглероживание стали. Фазовые превращения в стали при вторичная кристаллизация сплава в твердом состоянии. Рекристаллизация

Тема 4.3. Физико-химические особенности применения технологической смазки при обработке металлов давлением

Взаимодействие деформируемого тела с поверхностью инструмента. Снижение коэффициента трения. Трение жидкостное и полужидкостное. Активность связки – ПАВ. Вязкость смазки. Влияние скорости скольжения на силы трения. Гидростатическая и гидродинамическая смазки. Жидкие и консистентные смазки. Порошкообразные смазки. Смазка в виде стеклянного порошка и стекловаты. Смазка в виде тонких покрытий пластичных металлов на поверхности заготовки. Способы удаления смазки с поверхности штамповки.

Раздел 5. Технологическое оборудование для обработки металлов давлением

Тема 5.1. Прокатное оборудование.

Прокатный стан – назначение, структурная схема. Рабочая клеть прокатного стана, конструкция, принцип работы. Двух валковый прокатный реверсивный стан. Четырех валковые и шести валковые прокатные станы. Назначение, принцип работы. Валки глад-

кие, валки калибровочные, с ручьями. Обжимные прокатные станы: блюминг - обжатие стальных слитков большого поперечного сечения массой до 25 тонн, наличие вертикальных валков. Профиль блюма - квадрат. Слябинг - обжимной прокатный стан для переработки крупных стальных слитков в слябы. Профиль сляба – прямоугольник.

Тема 5.2. Машины динамического и ударного действия

Молоты – металл деформируется за счет энергии, накопленной подвижными частями молота. Продолжительность деформации составляет миллисекунды. Расход энергии – пластическая деформация заготовки, упругая деформация инструмента, вибрация шабота и нижнего бойка. Паровоздушные молоты - арочные, мостовые и одностоечные. Схема паровоздушного молота арочного типа, конструкция, принцип работы.

Горячештамповочный кривошипный пресс – электропривод. Схема горячештамповочного кривошипного пресса. Конструкция принцип работы. Производительность штамповки на прессах выше, чем на молотах. Возможности механизации и автоматизации процесса. Скорость деформирования на прессах ниже, время контакта металла с инструментом больше, чем на молотах. Переохлаждение поверхности заготовки, худшее заполнение полости штампа.

Пневматический ковочный молот - два цилиндра: рабочий и компрессорный. Привод электрический. Кинематическая схема пневматического ковочного молота. Принцип работы. Поковки до 20 кг. Калибровка поковок повышает точность размеров поковки.

Горизонтально-ковочная машина – электропривод. Поковки типа стержня с фланцем, кольца или стаканы.

Схема горизонтально-ковочной машины, принцип работы. Ротационно-ковочные машины – электропривод. Изготовление поковок большой массы с высокой точностью - заготовки вагонных осей. Упругие деформации при меньших силах давления меньше.

Раздел 6. Ковка и штамповка металлов

Тема 6.1. Технологические операцииковки

Ковкой получают изделия с высокими механическими свойствами при минимальном расходе металла. Биллетирование – превращение слитка в болванку или заготовку. Уменьшение дефектов литой структуры, улучшение пластических свойств поверхностного слоя слитка. Свободная ковка - формообразование поковок под ударами молота. Течение металла в стороны свободно. Мелкосерийное и штучное производство. Тяжелые поковки весом 250 тонн и более. Ручная ковка – наковальня и кувалда. Машинная ковка - молоты и пресса. Осадка, схема: обжатие по высоте - увеличение поперечного сечения заготовки. Расчет уковки. Высадка, схема – осадка на части высоты заготовки. Нагрев части инструмента, ограничение кольцевым инструментом. Протяжка, схема – увеличение длины заготовки - уменьшения ее поперечного сечения. Плоские и фигурные бойки. Расчет величины подачи.

Раскатка на оправке, схема - одновременное увеличение наружного и внутреннего диаметров кольцевой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок. Протяжка с оправкой, схема – операция увеличения длины пустотелой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок.

Прошивка, схема – образование сквозного или глухого отверстия в заготовке за счет вытеснения металла. Прошивень. Выдра - отход. Разгонка, схема - увеличение ширины поковки или ее части за счет уменьшения толщины. Гибка – придание заготовке изогнутой формы по заданному контуру. Закручивание, схема. Инструменты - воротки, лебедки, ключи. Изделия - стенные болтов, спиральные сверла.

Тема 6.2. Технологические принципы горячей объемной штамповки

Горячая объемная штамповка в открытых штампах. Подвижная и неподвижная части штампа, схема. Заусеночная (или облойная) канавка. Точность объема заготовки не высокая. Удаление заусенца у поковки. Схемы штамповки в закрытом штампе. Сложность конфигурации поковки - одноручьевая штамповка либо многоручьевая штамповка, переходы. Ручьи

заготовительные и штамповочные. Черновой ручей, чистовой ручей. Калибровка – плоскостная и объемная, холодная и горячая.

Штамповка на горизонтально-ковочных машинах, схемы. Изделия: болты, заклепки, винты, втулки, кольца. Неподвижная и подвижная части матрицы. Пуансон, упор. Расчет массы заготовки. Отжиг или нормализация поковки. Очистка от окалины, калибровка.

Раздел 7. Технологические принципы прессования профилей из металлов

Тема 7.1. Методы прессования металлов

Получение изделий сложной формы из заготовок простой формы. Достоинство прессованных изделий – точность их размеров. При прессовании металл выдавливают из замкнутой полости через отверстие, получая прутки или трубу с профилем, соответствующим сечению отверстия. Прессование – единственный способ обработки давлением сплавов с низкой пластичностью.

Прямой метод прессования прутка, схема. Полость контейнера; заготовка; пуансон; пресс-шайба; матрица; держатель матрицы. Движение пуансона прессы и истечение металла через отверстие матрицы происходят в одном направлении.

Обратный метод прессования прутка, схема. Полость контейнера; заготовка. Полая пуансон; пресс-шайба; матрица; держатель матрицы; упорная шайба. Течение металла совпадает с направлением движения пуансона; смазка.

Коэффициент вытяжки. Степень деформации. Скорость истечения металла из очага матрицы. Прессование через многоканальную матрицу. Выбор температурно-скоростного режима с учетом свойств прессуемых металлов и сплавов.

Тема 7.2. Получение периодических профилей

Периодический профиль изменяется по определенному закону, повторяющемуся по длине заготовки. Заготовка и готовый профиль представляют собой тела вращения. Форму изделию придают за один проход. Продольная, поперечная и винтовая прокатка.

Прокатка на трех валковом стане, схема. Дисковые или конические валки. Оси валков не параллельны, с перекосом. Гидравлическая следящая система. Профиль копирующей линейки или система ЧПУ. Процесс автоматизирован.

Станы винтовой прокатки. Схема прокатки стальных шаров. Два вала с нарезанными винтовыми калибрами. Валки вращаются в одну сторону. Оси валков расположены под углом к оси вращения. Центрирующие упоры. Диаметр валков в 5...6 раз превышает диаметр прокатываемых шаров.

Раскатка кольцевых заготовок. Раскатные машины. Раскатку выполняют в горячем, полугорячем или холодном состояниях. Схема открытой раскатки. Приводной валок. Нажимной валок. Направляющие валки. Контрольный ролик. Изготавливают кольца массой до 12500 кг.

Раздел 8. Технология производства зубчатых колес и проволоки методом давления

Тема 8.1. Изготовление зубчатых колес методом накатки

Метод накатывания шестерен с осевой подачей заготовки. Схема накатывания шестерни с осевой подачей заготовки: заготовка; эталонная шестерня; индуктор. Заготовки, по 5 – 8 штук, обработанные по наружному диаметру, торцам и посадочному отверстию, закреплены на цилиндрической оправке. Главный суппорт зубопрокатного стана. Температура накатывания 1000 – 1100°C. Снятие фасок, зачистка заусенцев. Высокая точность зубчатого зацепления прокатываемых шестерен. Высокая производительность. Изготавливают цилиндрические прямозубые и косозубые колеса диаметром до 250 мм.

Нкатка зубчатых колес с радиальной подачей валков. Накатывание осуществляется поштучно. Схема накатывания шестерни с радиальной подачей: заготовка; центрирующие конусы; гладкие валки; зубчатые валки; реборды, индуктор. Зубчатый и гладкий валок насажены на общий вал. Зубчатый валок находится ниже гладкого. Заготовку зажимают гидравлическим устройством и располагают против гладких валков. После нагрева заготовки про-

изводят обкатку ее обода. Снаружи обода накатывается желобок со стрелой прогиба - улучшает заполнение вершин зубьев по торцам при накатке. Калибровка накатников. Метод позволяет накатывать шевронные зубчатые колеса.

Тема 8.2. Технология волочения полуфабрикатов из стали и цветных металлов

Волочение - обработка металлов давлением путем протягивания заготовки через отверстие инструмента, диаметр которого меньше диаметра заготовки. Инструмент называется волока, волочильная доска, фильера или матрица. Производство пруткового металла, проволоки, труб. Волочение в холодном состоянии. Смазка. Рекристаллизационный отжиг и снятие наклепа. Минимальный диаметр проволоки из стали – 0,1 мм, из цветных сплавов – 0,002мм. За один проход коэффициент вытяжки не превышает 1,3, а степень деформации 30 %. Многократное волочение.

Конструкция волоки: обойма; волока; входной или смазочный конус; деформирующий конус; калибрующая часть; выходной конус. Волоки с одним глазком называются фильером, с несколькими – волочильной доской. Схема барабанного волочильного стана. Бунт проволоки, вертушка; четыре волоки с постепенно уменьшающимися отверстиями. Тяговые барабаны, приемный барабан. Электродвигатель; редуктор, конические зубчатые передачи. В барабанных станах многократного волочения до 50 м/с.

Волочение машиностроительных профилей. Заготовки - прокатанные или прессованные прутки, трубы из стали, цветных металлов и их сплавов. Схема волочения прутков: волока; заготовка; заостренный конец заготовки; захват. Силы трения, полирование очка, смазка. Волочение трубы без оправки - уменьшение внешнего диаметра или получение нового профиля, технология аналогичная волочению прутка.

Волочение трубы с оправкой. Схема волочения: волока; заготовка, с деформированным заостренным концом; захват; длинная движущаяся оправка. Силы трения, полирование очка, смазка. Все технологии волочения осуществляют через ряд постепенно уменьшающихся по диаметру отверстий, в условиях холодной деформации. Наклеп, межоперационный отжиг. Сортамент изделий, изготавливаемых волочением, включает простые геометрические формы стержней и звездообразные, и более сложной формы, трубы.

Раздел 9. Физические основы технологических процессов изготовления изделий из листовых заготовок

Тема 9.1. Разделительные технологические процессы листовой штамповки

Металлические материалы для листовой штамповки - листы, полосы, ленты различной ширины, свернутые в рулон. Листовые заготовки толщиной до 15мм обрабатывают без нагрева, более толстые нагревают. Согласно ГОСТ 18970-84 операции холодной листовой штамповки делятся на разделительные и формоизменяющие.

Технологические разделительные операции: разрезка, вырубка, надрезка, проколка, пробивка. А также обрезка, зачистка, высечка, просечка в штампе. Технологические формоизменяющие операции: вытяжка, гибка, закатка, завивка. А также чеканка, отбортовка, обжим в штампе, раздача, скручивание, обтяжка, калибровка.

Гильотинные и дисковые (роликовые) ножницы. Схема действующих сил при разрезке листа ножницами: изгибающий момент, боковое распирающее усилие, усилие сдвига. Усилие разрезки ножницами с наклонными ножами. Расчет усилия резки.

Резку листовых материалов на штучные заготовки производят на гильотинных и рычажных ножницах. Схема: верхний нож, нижний нож, лист, упор. Резка листов на полосы выполняется дисковыми ножницами – два диска вращающиеся в противоположных направлениях. Толщина разрезаемого материала до 30мм.

Вырубка формируют наружный контур детали, пробивка - внутренний контур - отверстие. Инструмент - пуансон и матрица. Зазор между пуансоном и матрицей 0,05...0,1 толщины листа.

Тема 9.2. Формоизменяющие технологические процессы

Вытяжка – образование объемного изделия из плоской заготовки без утонения стенки, инструмент: матрица, пуансон, прижим, смазка. Коэффициент вытяжки, промежуточный отжиг для устранения наклепа. Зазор между матрицей и пуансоном составляет (1...1,3) толщины заготовки.

Отбортовка – получение борта путем вдавливания центральной части заготовки с предварительно пробитым отверстием в матрицу. Применяют для образования уступов в деталях для нарезания резьбы, сварки, а также для увеличения жесткости конструкции.

Вытяжка листовых деталей эластичным пуансоном по жесткой матрице. Вытяжка жестким пуансоном по эластичной матрице. Обжим в штампе – уменьшение периметра концевой части полой заготовки. Раздача – увеличение периметра концевой части полой заготовки коническим пуансоном. Формовка рельефная - изменение формы заготовки в результате выдавливания отдельных ее участков - локальные выступы на заготовке, ребра жесткости. Деформирование осуществляют между металлическим пуансоном и резиновой матрицей.

Тема 9.3. Основы физико-технологических процессов гибки листовых и профилированных заготовок

Гибка листового металла осуществляется за счёт растяжения наружных слоёв металла, и одновременного сжатия внутренних. Между ними расположен нейтральный слой, не испытывающий ни растяжения, ни сжатия. По длине нейтрального слоя определяется размер заготовки до ее гибки. Схема гибки листовой заготовки: матрица, заготовка, пуансон. Угол пружинения. Расчет усилия гибки.

Гибка на валковых машинах. Конические и цилиндрические оболочки из листового металла толщиной 1 – 150мм изготавливают на валковых гибочных машинах. Схема гибочного механизма листовой заготовки в вальцах. Упругое изменение кривизны.

Гибка заготовок из листового проката осуществляется способами свободной гибки и гибки профилированным инструментом. Свободная гибка, производится в универсальных гибочных штампах. Гибка профилированным инструментом применяется при изготовлении гнутых профилей из листового металла на профилегибочных станах.

Гибка парой профилированных роликов изготавливают профили сечением желоба в виде уголка, трапеции, полуцилиндра. Гибка заготовок из профильного проката выполняется на горизонтальных правильно-гибочных прессах. Формы роликов для гибки заготовок различных профилей. Сортогибочные станки оснащены средствами механизации, комплектом сменных роликов и индукторов.

Раздел 10. Технологический процесс изготовления бесшовных и сварных труб

Тема 10.1. Технология производства бесшовных горячекатаных труб

Бесшовные горячекатаные трубы диаметром от 25 до 550 мм получают на специальных трубопрокатных станах в два этапа. Получение толстостенной гильзы – прошивка и получение из гильзы готовой трубы - раскатка. Схема прошивочного стана для поперечно-винтовой прокатки. Два вала бочкообразной формы вращаются в одном направлении. Оси вращения валков, в горизонтальной плоскости, смещены на 10 градусов. Заготовка получает вращательное и поступательное движение. Силы трения направлены в противоположные стороны. Неравномерная деформация вызывает появления дополнительных напряжений в центральной части заготовки. Напряженное состояние создает объемное растяжение в центральной части заготовки.

Введение оправки формирует полость трубы.

Схема прокатки труб на пилигримовом стане. В толстостенную гильзу вводят оправку. Гильза перемещается к валкам, на которых выполнены ручьи образующие калибр. Рабочая

часть вала имеет рабочий и калибрующий участки. Рабочий участок обжимает гильзу по диаметру и толщине стенки, а калибрующий участок обеспечивает выравнивание диаметра и толщины стенки.

Тема 10.2. Сварные трубы из низколегированных и низкоуглеродистых сталей

Сварные трубы прокатывают из полос, называемых штрипсами, ширина которых равна длине окружности трубы. Схема производства труб непрерывной сваркой:

штрипс в рулонах; тянущие ролики; нагревательная печь; формовочно-сварочный стан; клеть редуционного стана; клетки калибровочного стана. Процесс изготовления труб осуществляется со скоростью 200 м/мин.

Сварные трубы большого диаметра изготавливают на стане спиральной сварки из штрипсов. Формируют трубу завивкой штрипса по спирали на цилиндрических оправках. Непрерывная сварка спирального шва автоматической сварочной головкой. Диаметр трубы не зависит от ширины штрипса, он определяется углом подъема спирали. Спиральный шов придает трубе большую жесткость. Спирально-сварные трубы имеют более точные размеры.

6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине

Для обеспечения реализации программы дисциплины разработаны:

методические указания к лабораторным работам - «Лабораторные работы по дисциплине «Физические основы обработки металлов давлением».

Методические материалы по дисциплине (модулю) и образовательной программе в целом представлены на официальном сайте образовательной организации (раздел «Сведения об образовательной организации» – Образование – Образовательные программы).

7 Фонды оценочных средств по дисциплине

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям образовательной программы по дисциплине разработаны фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения (знания, умения, навыки) и сформированные (формируемые) компетенции.

Эти фонды включают теоретические вопросы, типовые практические задания, домашние работы, рефераты, отчеты по лабораторным работам и критерии их оценивания и иные оценочные материалы, используемые при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении к рабочей программе.

При необходимости, обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды, обеспечиваются оценочными материалами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

8 Ресурсное обеспечение

8.1. Перечень литературы

Основная учебная литература

1. Константинов, И. Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением : учебник / И.Л. Константинов, С.Б. Сидельников. — 2-е изд., стереотип. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 487 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/14048. - ISBN 978-5-16-011541-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/914488> (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: по подписке.
2. Технология конструкционных материалов : учебное пособие / В.П. Глухов, В.Л. Тимофеев, В.Б. Фёдоров, А.А. Светлов ; под общ. ред. проф. В.Л. Тимофеева. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 272 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004749-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1841430> (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: по подписке.
3. Технология конструкционных материалов: Учеб. для вузов/ А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Л.Н. Бухаркин.и др./ Под ред. А.М. Дальского. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2002. - 512 с.: ил.

Дополнительная учебная литература

1. Вереина, Л. И. Металлообработка: справочник : учебное пособие / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е.И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 320 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004952-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1778712> (дата обращения: 29.04.2022). – Режим доступа: по подписке.
2. Евсиков А.А. Лабораторные работы по дисциплине "Физические основы обработки металлов давлением" : электронное методическое пособие / А.А. Евсиков, А.М. Сасов - Протвино : Филиал "Протвино" государственного университета "Дубна", 2017. - 28 с. : ил. - Текст : электронный. // Веб-сайт филиала «Протвино» государственного университета «Дубна». – URL:http://www.uniprotvino.ru/images/publications/ump_atp/atp_em_30.pdf. - Режим доступа ограниченный, по логину и паролю.

• Периодические издания

- **Вестник Московского университета. Серия 1. Математика. Механика:** научный журнал / Учредитель: МГУ им. М.В. Ломоносова; гл. ред. Чубариков В.Н. – М.: ФГБОУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова – Журнал выходит 6 раз в год. - Основан в 1960 году. - ISSN 0579-9368. – Текст : электронный. Полные электронные версии статей журнала доступны по подписке в «East View»: <https://dlib.eastview.com/browse/publication/9045/udb/890>
- **Обработка металлов (Технология, оборудование, инструменты):** рецензируемый научно-теоретический и производственный журнал. / Учредители: Новосибирский государственный технический университет; ОАО НПП и ЭИ «Оргстанкинпром»; ООО НПКФ «Машсервисприбор»; гл. ред.: Батаев А.А. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет. – журнал выходит 2 раза в полуг. - Основан в 1999. - ISSN: 1994-6309 – Текст : непосредственный (подписка на печатное издание)
- **СТА: Современные технологии автоматизации: производственно-практический журнал** / Учредитель: ООО «СТА-пресс»; гл. ред. С. Сорокин. – М.: Издательство «СТА-

пресс». – Журнал издаётся с 1996 года. – Полные тексты статей на сайте журнала:
<http://www.cta.ru/>

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБС «Znaniy.com»: <https://znaniy.com/>
 2. ЭБС «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
 3. ЭБС «Юрайт»: <https://urait.ru/>
 4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: <https://biblioclub.ru/>
 5. Научная электронная библиотека (РУНЭБ) «eLIBRARY.RU»: <http://elibrary.ru>
 6. Национальная электронная библиотека (НЭБ): <http://нэб.рф/>
 7. Базы данных российских журналов компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/>
 8. ArXiv.org - научно-поисковая система, специализируется в областях: компьютерных наук, астрофизики, физики, математики, квантовой биологии. <http://arxiv.org/>
 9. Google Scholar - поисковая система по научной литературе. Включает статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций. <https://scholar.google.ru/>
 10. SciGuide - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. <http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi>
- Федеральная информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»: <http://window.edu.ru/>.

Научные поисковые системы

1. ArXiv.org - научно-поисковая система, специализируется в областях: компьютерных наук, астрофизики, физики, математики, квантовой биологии. <http://arxiv.org/>
2. Google Scholar - поисковая система по научной литературе. Включает статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций. <https://scholar.google.ru/>
3. SciGuide - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. <http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi>

Профессиональные ресурсы сети «Интернет»

- Федеральная информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»: <http://window.edu.ru/>, раздел Материаловедение. Технология конструкционных материалов: http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.75.1

- **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы**

Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определённом порядке могут получать доступ к информационным ресурсам Интернета.

Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением, которое находится в свободном доступе (программы Open office, свободная лицензия, код доступа не требуется).

- **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости)**

Проведение лекционных занятий предполагает использование комплектов слайдов и программных презентаций по рассматриваемым темам.

Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определённом порядке могут получать доступ к информационным ресурсам Интернета.

Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением, которое находится в свободном доступе (программы Open office, свободная лицензия, код доступа не требуется).

В филиале «Протвино» государственного университета «Дубна» созданы условия для обучения людей с ограниченными возможностями: использование специальных образовательных программ и методов обучения, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающим обучающимся необходимую техническую помощь, обеспечение доступа в здания организации.

Имеется универсальное средство для подъема и перемещения инвалидных колясок – пандус-платформа складной.

Компьютерные классы оборудованы столами для инвалидов с ДЦП, также здесь оборудованы рабочие места для лиц с ОВЗ: установлены специальный программно-технологический комплекс позволяющий работать на них студентам с нарушением опорно-двигательного аппарата, слабовидящим и слабослышащим. Имеются гарнитуры компактные, беспроводная клавиатура с большими кнопками, беспроводной компьютерный джостик с двумя выносными кнопками, беспроводной ресивер, беспроводная выносная большая кнопка, портативное устройство для чтения печатных материалов.

Специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, в том числе в формате печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы) имеются в ЭБС, на которые подписан филиал.

Наличие на сайте справочной информации о расписании учебных занятий в адаптированной форме доступной для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья, являющихся слепыми или слабовидящими.

• **Описание материально-технической базы**

Лаборатория технологий машиностроения: штамп для изготовления детали типа «лодочка»; гидравлический пресс Trommelberg SD100802; микроскоп бинокулярный МБС-8, лупа 10[×]; вырубной штамп; прессформы 6Э4165, 6Э5832, вискозиметр ВЗ-246; секундомер.

Компьютерный класс (15 ПК) (оборудование в собственности).

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья могут использовать специализированное программное и материально-техническое обеспечение:

- обучающиеся с нарушениями опорно-двигательного аппарата при необходимости могут использовать адаптивные технические средства: специально оборудованные джойстики, увеличенные выносные кнопки, клавиатуры с большими клавишами.
- обучающиеся с ограничениями по зрению могут прослушать доступный аудиоматериал или прочитать тексты, увеличив шрифт на экране монитора компьютера. Рекомендуется использовать экранную лупу и другие визуальные вспомогательные средства, чтобы изменить шрифт текста, межстрочный интервал, синхронизацию с речью и т.д., программы экранного доступа (скринридеры для прочтения текстовой информации через синтезированную речь) и/или включить функцию «экранного диктора» на персональном компьютере с операционной системой Windows 7, 8, 10.
- обучающиеся с ограничениями по слуху могут воспользоваться компьютерной аудиогарнитурой при прослушивании необходимой информации и портативной индукционной системой серии «ИСТОК».

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами (образовательная программа, учебные пособия и др.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Фонды оценочных средств

В результате освоения дисциплины «Физические основы обработки металлов давлением» программы бакалавров по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» с учетом направленности бакалаврской программы – «Автоматизация технологических процессов и производств» выпускник должен обладать следующими компетенциями:

Компетенция УК-1 – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

код и формулировка компетенции

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, а также шкал оценивания

Компетенция УК-1 – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

ИНДИКАТОР ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (код и наименование)	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по практике ШКАЛА оценивания				
	1	2	3	4	5
УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие	Отсутствие знания	Не знает или знает слабо специфику системного подхода. Допускает множественные грубые ошибки.	Удовлетворительно знает специфику системного подхода. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Хорошо знает специфику системного подхода. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное знание специфики системного подхода. Не допускает ошибок.

При балльно-рейтинговой системе все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в результате изучения дисциплины, оцениваются в баллах.

Оценка качества работы в рейтинговой системе является накопительной и используется для оценивания системной работы студентов в течение всего периода обучения.

По итогам работы в семестре студент может получить максимально **70** баллов. Итоговой формой контроля в III семестре является экзамен. На экзамене студент может набрать максимально **30** баллов.

В течение IV семестра студент может заработать баллы за следующие виды работ:

№	Вид работы	Сумма баллов
1	Аудиторные занятия (посещение)	17
2	Лабораторная работа ЛР	23
	Реферат	30
	Итого:	70

Если к моменту окончания семестра студент набирает от **51** до **70** баллов, то он получает допуск к экзамену.

Если студент к моменту окончания семестра набирает от **61** до **70** баллов, то он может получить автоматическую оценку «удовлетворительно». При желании повысить свою оценку, студент имеет право отказаться от автоматической оценки и сдать экзамен.

Если студент не набрал минимального числа баллов (**51** балл), то он не получает допуск к экзамену.

Соответствие рейтинговых баллов и академических оценок экзамена

Общая сумма баллов за семестр	Итоговая оценка
86-100	Отлично
71-85	Хорошо
51-70	Допуск к экзамену
в том числе:	
61-70	Возможность получения автоматической оценки «удовлетворительно»
51-60	Только допуск к экзамену
0-50 *	Неудовлетворительно (студент не допущен к экзамену)

Текущий контроль успеваемости осуществляется в процессе выполнения практических и самостоятельных работ в соответствии с ниже приведенным графиком.

График выполнения самостоятельных работ студентами во 3 семестре

Виды работ	Недели учебного процесса																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ЛР-1		ВЗ		ЗЗ													
ЛР-2					ВЗ		ЗЗ										
ЛР-3								ВЗ			ЗЗ						
ЛР-4												ВЗ			ЗЗ		
ПР-4		ВЗ														ЗЗ	

ВЗ – выдача задания; ЗЗ – защита задания; ЛР- лабораторная работа; ПР-4 – реферат

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- в печатной форме,
- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

При необходимости обучающемуся инвалиду и лицу с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене. У обучающегося инвалида и лица с ОВЗ имеется возможность выбора формы контроля на практических занятиях, зачетах, экзаменах, подходящая конкретно для него.

Методические указания к лабораторным работам

Наименование лабораторных работ:

1. Технология вытяжки изделия из листовой заготовки без утонения стенки
2. Разделительные операции листовой штамповки
3. Технология штамповки изделий из металлических порошков
4. Технология получения профилей методом давления

Методическое обеспечение инновационных форм учебных занятий

Разбор различных моделей представления знаний, задач моделирования интеллектуальной деятельности.

Методические указания для самостоятельной работы обучающихся и прочее

Тематика рефератов:

1. Пластическая деформация сталей и сплавов на основе железа.
2. Упругая деформация сплавов на основе меди и ее зависимость от химического состава.
3. Изменение структуры металлов при холодной и горячей деформации.
4. Рекристаллизация деформируемых металлов и сплавов.
5. Анизотропия металлов в изделиях полученных обработкой заготовок давлением.
6. Влияние условий деформирования на процесс обработки металлов давлением.
7. Влияние пережога и перегрева на микроструктуру и свойства сплавов.
8. Физические процессы, протекающие в заготовке при ротационном обжатии валками.
9. Способы изготовления машиностроительных профилей.
10. Физические процессы формирования сортовых профилей.
11. Технология получения металлических бесшовных труб.
12. Физический процесс и технология получения шариков для подшипников качения.

13. Технология волочения машиностроительных профилей.
14. Технологический процесс получения гнутых профилей.
15. Физика процесса формирования поволоки машиностроительных деталей.
16. Технология горячей объемной штамповки в открытых штампах.
17. Технология горячей объемной штамповки в закрытых штампах.
18. Технологический процесс получения заготовок деталей методом жидкой штамповки.
19. Физические процессы штамповки деталей из порошковых сталей.
20. Физические процессы изготовления деталей из листового металла.
21. Технологические процессы листовой штамповки
22. Пластическая деформация сталей и сплавов на основе железа.
23. Упругая деформация сплавов на основе меди и ее зависимость от химического состава.
24. Изменение структуры металлов при холодной и горячей деформации.
25. Рекристаллизация деформируемых металлов и сплавов.
26. Анизотропия металлов в изделиях полученных обработкой заготовок давлением.
27. Влияние условий деформирования на процесс обработки металлов давлением.
28. Влияние перегрева и перегрева на микроструктуру и свойства сплавов.
29. Физические процессы, протекающие в заготовке при ротационном обжатии валками.
30. Способы изготовления машиностроительных профилей.

Перечень обязательных видов учебной работы студента:

- посещение лекционных занятий;
- выполнение лабораторных работ;
- составление и защита реферата;
- выполнение устных сообщений

Инновационные формы проведения учебных занятий

Семестр	Вид учебных занятий	Используемые инновационные формы проведения учебных занятий	Количество академ. часов
III	Практические занятия	Разбор конкретных ситуаций при проведении лабораторных работ	4
Всего:			4

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с «Положением балльно-рейтинговой системе оценки и текущем контроле успеваемости студентов», а также «Положением о промежуточной аттестации» университета «Дубна».

Адаптированная рабочая программа учебной дисциплины (модуля) разработана в отношении разнонаследственной учебной группы обучающихся, имеющих документально подтвержденные нарушения слуха, зрения, опорно-двигательного аппарата, соматические заболевания и поддающиеся коррекции нервно-психические нарушения или сочетанные нарушения.

Список вопросов к экзамену

1. Кристаллическое строение металлов, типы кристаллических решеток.
2. Физико-механические основы обработки металлов давлением
3. Механические свойства металла с мелкокристаллической структурой.
4. Механические свойства металла с крупнокристаллической структурой.
5. Физическая сущность процесса рекристаллизации металла
6. Технологическое оборудование для обработки металлов давлением.
7. Понятие пластической и упругой деформации, закон Гука.

8. Пластическая деформация монокристалла, скольжение и двойникование.
9. Особенности пластической деформации поликристаллов.
10. Внутрикристаллитная и межкристаллитная деформации.
11. Технология машиностроительных профилей, сортамент профилей.
12. Прокатка шаров в стане поперечно-винтовой прокатки.
13. Горячая объемная штамповка в открытых и закрытых штампах.
14. Технологический процесс жидкой штамповки, конструкция штампов.
15. Холодная объемная штамповка в открытых штампах, достоинства метода
16. Физические процессы листовой штамповки.
17. Технология листовой штамповки - заготовительные операции.
18. Технология листовой штамповки - вырубка и пробивка.
19. Технология листовой штамповки - вытяжка с утонением стенки.
20. Технология листовой штамповки - вытяжка без утонения стенки.
21. Пластичность и деформация металлов при обработке давлением.
22. Показатели напряженного состояния и их влияние на пластичность металла.
23. Влияние на пластичность: температуры обработки и скорости деформации.
24. Технология штамповки деталей из металлических порошков.
25. Технологические смазки при ОМД, их назначение и классификация.
26. Способы нанесения смазки на контактную поверхность заготовки.
27. Текстура деформации, анизотропия свойств изделий,.
28. Параметры, на которые оказывает влияние сопротивление деформации.
29. Причины возникновения неравномерности деформации заготовки.
30. Физические процессы формирования сортовых профилей.
31. Технология получения металлических бесшовных труб.
32. Технология получения шариков для подшипников качения.
33. Технология волочения машиностроительных профилей.
34. Технологический процесс получения гнутых профилей.
35. Физика процесса формирования поволоков машиностроительных деталей.
36. Технология горячей объемной штамповки в открытых штампах.
37. Технология горячей объемной штамповки в закрытых штампах.
38. Технология получения заготовок деталей методом жидкой штамповки.
39. Физические процессы штамповки деталей из порошковых сталей.
40. Физические процессы изготовления деталей из листового металла.