Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 30.09.2023 14:40:45
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
_____ /Е.В. Сафонов/
«_16_» _____февраля_____ 2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ГОРЯЧЕЙ ОБЪЁМНОЙ ШТАМПОВКИ

Направление подготовки
15.03.01 Машиностроение

Профиль подготовки
«Машины и технологии обработки материалов давлением»

Квалификация
бакалавриат

Формы обучения
очная

Москва, 2023 г.

Разработчик(и):

Доцент кафедры «ОМДиАТ» к.т.н. /Д.А. Гневашев/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «ОМДиАТ»,
к.т.н /Д.А. Гневашев/

Руководитель образовательной программы
доцент кафедры «ОМДиАТ» к.т.н. /Е.В. Крутина/

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
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 15
5. Материально-техническое обеспечение 17
6. Методические рекомендации 17
7. Фонд оценочных средств 21

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целями освоения дисциплины «Теория и технология горячей объёмной штамповки» является:

- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, формирование общеинженерных знаний и умений по данному направлению;
- изучение теоретических основ процессов горячей объемной штамповки, позволяющих выполнить рациональное построение технологий с использованием необходимых видов оборудования и оснастки.
- освоение методик расчета деформационных и энергосиловых характеристик операций горячей объемной штамповки.

Изучение курса «Теория и технология горячей объёмной штамповки» способствует расширению научного кругозора и решает задачу получения того минимума фундаментальных знаний, на базе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладевать навыками применения полученных знаний для решения практических задач.

Обучение по дисциплине «Теория и технология горячей объёмной штамповки» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ПК – 1 Способен технически подготавливать кузнечно-штамповочное производство, его обеспечение и нормирование	ИПК-1.1. Рассчитывает и отрабатывает технологические процессы кузнечно-штамповочного производства ИПК-1.2. Определяет необходимый состав и количество оборудования и инструмента для осуществления технологических операций ИПК-1.3. Формулирует требования к методам планирования технической и технологической подготовки производства и выполнения кузнечно-штамповочных работ

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части (Б1.2.3), формируемой участниками образовательных отношений блока «Дисциплины (модули)» Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Дисциплина «Теория и технология горячей объёмной штамповки» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

- Введение в проектную деятельность;
- Введение в профессию;
- Технологические машины и оборудование;
- Теория обработки металлов давлением;
- Технологические покрытия и смазки в процессах обработки давлением;
- Конструкция и расчет инструмента для листовой штамповки;
- Физико-химические процессы при нагреве в обработке давлением.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2,0 зачетных(е) единиц(ы) (72 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1.Очная форма обучения

Вид учебных занятий	Семестр	
	6	7
Общая трудоемкость дисциплины	72 (2 з.е)	144 (4 з.е.)
Аудиторная нагрузка	36	72
Лекции	18	36
Практические занятия	-	36
Лабораторный практикум	18	-
Самостоятельная работа	36	72
РГР		да
Вид промежуточной аттестации	**Зачет**	**Экзамен**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.2. очная форма обучения.

	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		семестр	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Тема 1. Введение.** Роль горячей объемной штамповки в машиностроении	6	4				5
2	**Тема 2.** Напряженно-деформированное состояние	6	4				5
3	**Тема 3.** Кривые упрочнения	6	4				5
4	**Тема 4.** Горячая деформация. Пластичность материалов. Сверхпластичность.	6	6				5
5	**Тема 5.** Классификация технологий ГОШ. Температурный интервал при ГОШ.	7	4				5
6	**Тема 6:** Заготовительное производство	7	4				10
7	**Тема 7:** Основные этапы составления технологического процесса ГОШ	7	4				8
8	**Тема 8:** Ковка. Штамповка на молоте	7	6				10
9	**Тема 9:** Штамповка в открытых и закрытых штампах.	7	4				5
10	**Тема 10:** Штамповка на КГШП.	7	4				5
11	**Тема 11:** Виды технологических операций. Правила выбора	7	6				10
12	**Тема 12:** Проектирование штамповой оснастки (штампов) при ГОШ	7	4				10
13	**Практическое занятие №1.** *Построение поковки ГОСТ 7505-89*	7		18			5
14	**Практическое занятие №2.** *Расчет технологических переходов.*	7		18			5
15	**Лабораторная работа №1** *Построение кривой упрочнения*	6			8		5
16	**Лабораторная работа №2** *Исследование формоизменения образцов при осадке на гидравлических прессах.*	6			6		5

17	**Лабораторная работа №3** *Расчет технологических переходов для ГКМ.*	6			4		5
	ИТОГО	**6-7**	**54**	**36**	**18**		**108**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Роль горячей объемной штамповки в машиностроении. Состояние и перспективы развития. Общая характеристика процессов штамповки. Теория пластических деформаций. Физико-механические основы теории ковки и штамповки. Критерии деформируемости металлов. Разрушение металлов. математическое моделирование ковки и штамповки в горячем состоянии.

Тема 2. Напряженно-деформированное состояние. Физические основы пластической деформации. Мощность деформации. Напряженно-деформированное состояние совокупность напряжений и деформаций, возникающих при действии на материальное тело внешних нагрузок, температурных полей и других факторов. Совокупность напряжений полностью характеризует напряжённое состояние частицы тела. Эту совокупность записывают в виде тензора напряжений. В основе всех процессов обработки металлов давлением (ОМД) лежит способность металлов и их сплавов под действием внешних сил пластически деформироваться, т. е., не разрушаясь, необратимо изменять свою форму и размеры. При этом изменяется структура металла, его механические и физические свойства.

Тема 3. Кривые упрочнения. Упрочнение металла принято представлять в виде кривых упрочнения, или кривых истинных напряжений, получаемых испытанием образцов на растяжение. Из курса сопротивления материалов известны кривые растяжения, которые обычно строят в координатах. Здесь– истинная, или логарифмическая, деформация – условное напряжение, получаемое делением текущей силы растяжения образца на начальную площадь его поперечного сечения. Истинное напряжение является пределом текучести упрочненного наклепом материала. Иногда его называют напряжением текучести. Зависимость между сопротивлением деформации, т. е. напряжением текучести, и степенью деформации изображают кривыми упрочнения. При построении кривых упрочнения по оси ординат обычно откладывают напряжение текучести, а по оси абсцисс — относительную деформацию.

Тема 4. Горячая деформация. Пластичность материалов. Сверхпластичность.

При горячей деформации, наряду с упрочнением, наблюдается и разупрочнение, связанное с возвратом и рекристаллизацией. Физическая природа возврата

– аннигиляция части дислокаций, инициируемая флуктуациями, т.е. тепловыми движениями атомов вокруг их положений равновесия. Рекристаллизация в зарождении и росте новых зерен за счет деформированных старых. При этом дислокационная структура старых зерен сохраняется лишь частично, большинство же дефектов исчезает. Оба процесса связаны с диффузией атомов и протекают во времени. При этом скорость разупрочнения тем выше, чем больше упрочненность металла, и, наоборот, разупрочнение постепенно затухает, по мере того как металл разупрочняется.

Если металл длительное время деформируется с постоянной скоростью деформации, скорость упрочнения и скорость разупрочнения устанавливаются на одном уровне. Чем выше значение такой скорости деформации, тем интенсивнее протекают оба процесса (скорость упрочнения прямо связана со скоростью деформации, скоростью разупрочнения – в результате того, что напряжение текучести, соответствующее состоянию равновесия, устанавливается на более высоком уровне). При изменении скорости деформации происходит нарушение равновесия между обоими процессами и постепенное (с запозданием по отношению к скорости деформации) изменение напряжения текучести.

Пластичностью называют как способность материала при определенных условиях необратимо деформироваться без разрушения, так и количественную оценку этого свойства – накопленную деформацию к моменту разрушения.

Для выбора оптимальных режимов может оказаться достаточно расчета по одному или двум из трех критериев, которые соответствуют следующей классификации технологических процессов изотермического деформирования:

1) обработка малопластичных металлов: литейных алюминиевых сплавов, бронзы, малопластичной латуни, чугуна, жаропрочных никелевых сплавов

2) штамповка металлов, имеющих высокое сопротивление деформированию: титановых и жаропрочных сплавов, быстрорежущих и углеродистых инструментальных сталей;

3) обработка сплавов с узким температурным интервалом деформирования: некоторых титановых сплавов, материалов, подвергающихся термомеханической обработке и других металлов.

Тема 5. Классификация технологий ГОШ. Температурный интервал при ГОШ.

Технологический процесс ГОШ отличается значительным разнообразием и определяется выбором самого изделия и применяемым оборудованием. Технологический процесс зависит от формы поковки. По форме в плане поковки делятся на две группы: диски и поковки удлиненной формы.

ГОШ требуются значительно большие усилия, чем при ковке однотипных деталей. Это связано с тем, что при штамповке течение металла затруднено трением о стенки ручья и тем, что деформации одновременно подвергаются большие объемы заготовки.

Кроме того, масса штампованных поковок ограничивается мощностью оборудования; обычно это до 100—200 кг.

Процесс штамповки выполняется в зависимости от вида поковки, рода материала и характера производства на установках различного вида. Наиболее широкое распространение получила штамповка на молотах, прессах, горизонтально-ковочных машинах, ковочных или ротационно-обжимных вальцах и другом оборудовании.

Технологический процесс изготовления поковки включает следующие операции: отрезка проката на мерные заготовки, нагрев, штамповка, обрезка облоя и пробивка пленок, правка, термическая обработка, очистка поковок от окалины, калибровка, контроль готовых поковок.

Перед штамповкой заготовки должны быть нагреты равномерно по всему объему до заданной температуры. При нагреве должны быть минимальными окалинообразование (окисление) и обезуглероживание поверхности заготовки. Используются электроконтактные установки, в которых заготовка, зажатая медными контактами, нагревается при пропускании по ней тока; индукционные установки, в которых заготовка нагревается вихревыми токами; газовые печи, с безокислительным нагревом заготовок в защитной атмосфере.

Тема 6: Заготовительное производство

Заготовительное производство – технологические процессы преобразования исходных материалов в заготовки деталей машин (обработка металлов давлением, литье, сварка). Основным исходным материалом являются металлы и сплавы на их основе. Металлы – непрозрачные кристаллические вещества, обладающие такими характерными свойствами, как прочность, пластичность, электропроводность, теплопроводность, блеск. Металлы: черные (железо и сплавы на его основе) и цветные (все остальные).

Обработка металлов давлением – один из наиболее распространенных и прогрессивных методов обработки. При обработке давлением происходит пластическая деформация, изменяющая форму заготовки без изменения ее массы. Материалы, обладающие высокой пластичностью в холодном состоянии изменяют свою форму без нагрева, для повышения пластичности заготовки обычно нагревают. Следовательно, различают холодную и горячую обработку материалов давлением. При этом используются следующие технологические методы:

Прокатка – деформирование металла (заготовки) путем обжатия между вращающимися валками прокатного стана. Бывает прокат простого профиля (круг, квадрат), фасонного профиля (швеллер, уголок), листовой прокат, трубы, периодический и специального профиля.

Волочение – процесс протягивания на волочильном стане прутка через отверстие волочильной доски: при этом поперечное сечение прутка уменьшается, длина увеличивается, а обрабатываемый металл принимает форму и размеры этого отверстия.

Прессование – процесс выдавливания металла, заключенного в замкнутый объем цилиндра-матрицы через отверстие в матрице в зависимости от формы и размеров которого получают изделия любой, даже самой сложной формы (прутки, трубы).

Свободная ковка – процесс горячей обработки металла давлением, в ходе которого имеет место свободное течение металла.

Штамповка – процесс деформации металла в горячем или холодном состоянии, когда течение металла ограничивается стенками рабочей поверхности специального инструмента – штампа, очертание и размеры которого соответствуют будущей детали. Штамповка: объемная и листовая.

Тема 7: Основные этапы составления технологического процесса ГОШ

При разработке технологического процесса объемной штамповки отправным пунктом является проектирование чертежа поковки, который составляют на основании чертежа детали. От правильной разработки чертежа поковки зависят сложность, а иногда и возможность се изготовления. Принята такая последовательность процесса ГОШ:

1) выбор плоскости разъема;

2) назначение припусков, допусков и напусков;

3) определение штамповочных уклонов;

4) определение радиусов закругления;

5) конструирование в поковках с отверстиями наметки под прошивку;

6) конструирование штампов с учетом расположения волокон в поковке, приемов и удобств штамповки, расположения баз последующей механической обработки и т.д

Тема 8: Ковка. Штамповка на молоте

Ковкой называется процесс горячей обработки металлов давлением, при котором путем многократного действия инструмента, например, бойков металл пластически деформируется, постепенно приобретая заданные форму, размеры и свойства.

Изделие, получаемое ковкой, называют поковкой.

Существует два вида ковки: свободная и в штампах.

Свободной ковкой называется процесс, при котором формообразование поковок происходит под ударами молота или нажимом пресса. Течение металла в стороны свободное и не ограничено поверхностями инструмента.

Штамповкой называют ковку в стальных формах-штампах. Течение металла ограничивается поверхностями полостей, вырезанных в штампе.

Штамповка на молотах самый универсальный и широко распространенный вид штамповки. Это объясняется тем, что молоты имеют достаточно простую конструкцию и сравнительно недороги. Кроме того, на молотах можно выполнять практически любые штамповочные операции и переходы. Молот это машина ударного (инерционного) типа. Массивная подвижная деталь баба молота с закрепленной на ней частью штампа разгоняется под действием собственной силы тяжести либо с помощью какого-нибудь энергоносителя до определенной скорости и производит удар по заготовке.

Для выполнения технологической операции штамповки необходимо столько ударов, чтобы суммарная кинетическая энергия была равна работе пластической деформации.

Тема 9: Штамповка в открытых и закрытых штампах.

Наличие большого разнообразия форм и размеров штампованных поковок обусловливает существование различных способов штамповки. Так как характер течения металла в процессе штамповки определяется типом штампа, то этот признак можно считать основным для классификации способов штамповки. Заготовками для горячей штамповки в подавляющем большинстве случае служит прокат круглого, квадратного или прямоугольного профилей. В зависимости от типа штампа выделяют штамповку в открытых и закрытых штампах. Штамповка в открытых штампах характеризуется переменным зазором между подвижной и неподвижной частями штампа. В этот зазор

вытекает часть металла-облой, который закрывает выход из полости штампа и заставляет основной металл целиком заполнить всю полость . В конечный момент деформирования в облой выжимаются излишки металла, находящиеся в полости, что позволяет не предъявлять высоких требований к точности заготовок по массе. Облой затем обрезается в специальных штампах. Штамповкой в открытых штампах можно получать поковки практически всех типов.

Наличие большого разнообразия форм и размеров штампованных поковок обусловливает существование различных способов штамповки. Так как характер течения металла в процессе штамповки определяется типом штампа, то этот признак можно считать основным для классификации способов штамповки. Заготовками для горячей штамповки в подавляющем большинстве случае служит прокат круглого, квадратного или прямоугольного профилей. В зависимости от типа штампа выделяют штамповку в открытых и закрытых штампах. Штамповка в закрытых штампах характеризуется тем, что полость штампа в процессе деформирования остается закрытой. Зазор между подвижной и неподвижной частями штампа при этом постоянный и небольшой, так как образование облоя в нем не предусмотрено. Устройство таких штампов зависит от типа машины, на которой штампуют. Например, нижняя половина штампа может иметь полость, а верхняя выступ (на прессах), или наоборот (на молотах). Закрытый штамп может иметь не одну, а 2 взаимно перпендикулярные плоскости разъема, т.е. состоять из 3 частей.

Тема 10: Штамповка на КГШП.

Кривошипные горячештамповочные прессы (КГШП) широко применяются для горячей объемной штамповки, так как имеют ряд преимуществ по сравнению с молотовой штамповкой.

1. Получаемые на КГШП поковки точнее по размерам благодаря постоянству хода пресса и фиксированному нижнему положению ползуна, что позволяет уменьшить отклонения размеров поковки по высоте. Поковки можно не контролировать на сдвиг, так как ползун движется по направляющим станины и точно совпадает с верхней и нижней частями штампа, оснащенного направляющими колонками и втулками.

2. Штамповка характеризуется более высоким коэффициентом использования металла, так как штампы имеют верхние и нижние выталкиватели, позволяющие уменьшить штамповочные уклоны, припуски, напуски и допуски, что приводит к экономии металла и уменьшению трудоемкости при последующей обработке поковок резанием.

3. Улучшаются условия труда вследствие меньшего уровня шума, вибрации и сотрясения почвы, безударного характера работы, что позволяет устанавливать КГШП в зданиях облегченной конструкции.

4. Штамповка на КГШП хорошо поддается автоматизации.

5. Благодаря тому, что деформация на прессе в каждом ручье происходит за один ход пресса, а на молоте за несколько ударов переход на штамповку на КГШП сопровождается повышением производительности в 1,4-2 раза.

6. Коэффициент полезного действия (КПД) пресса, приведенный к энергии топлива, в 2-4 раза выше, чем у молота.

7. Себестоимость продукции, полученной на КГШП, ниже, чем на молоте, благодаря снижению расхода металла и эксплуатационных затрат.

Тема 11: Виды технологических операций. Правила выбора

Общий технологический процесс изготовления поковок горячей объемной штамповкой состоит обычно из следующих этапов: отрезки проката на мерные заготовки; нагрева; штамповки; обрезки облоя и пробивки пленок; правки; термической обработки; очистки поковок от окалины; калибровки; контроля готовых поковок.

Для осуществления всех этих этапов штамповочные цехи могут иметь соответствующие отделения, участки или в составе автоматических линий необходимое для них оборудование.

После формоизменения в штамповочных ручьях с поковкой выполняют ряд отделочных или завершающих технологический процесс штамповки операций. Все поковки, штампуемые в открытых штампах, имеют облой в плоскости разъема, а в поковках с внутренними отверстиями остаются пленки между наметками (исключая поковки, штампуемые на горизонтально-ковочных машинах).

Тема 12: Проектирование штамповой оснастки (штампов) при ГОШ

Конструкция оснастки зависит от составленного технологического процесса и предусмотренного в этом процессе оборудования.

Указанный в техпроцессе тип оснастки должен обеспечивать заданную производительность труда и требуемое (согласно чертежу) качество штампуемой детали.

При конструировании заготовительно-штамповочной оснастки надо стремиться к малой металлоемкости, максимальному использованию нормализованных и стандартизованных деталей и узлов, а также к возможному упрощению конструкции. Необходимо стремиться к тому, чтобы опасные зоны

штампов не были доступны для рук оператора. Это достигается либо введением защитных устройств, либо за счет применения средств механизации.

Вопросы удобства и безопасности необходимо предусмотреть для операторов, изготовителей, наладчиков и транспортных рабочих.

В конструкции оснастки (штампов, болванок, обтяжных пуансонов и др.) следует предусмотреть возможность транспортировки межцеховыми и внутрицеховыми транспортными средствами.

При проектировании оснастки необходимо обеспечить технологичность изготовления деталей оснастки, а также технологичность сборки, возможность восстановления рабочих элементов в процессе эксплуатации.

Одним из важных требований к конструкции оснастки является тщательная подгонка к оборудованию, обеспечение надежности крепления, удобство осуществления операции. К оснастке, как к любой конструкции, должны предъявляться требования по соблюдению технической эстетики.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1.Семинарские/практические занятия

Практическое занятие №1. *Построение поковки ГОСТ 7505-89.*

Занятия включают изучения стандарта ГОСТ 7505-89 «ПОКОВКИ СТАЛЬНЫЕ ШТАМПОВАННЫЕ». Студенты знакомятся с терминами требованиями по проектированию и расчету стальных поковок массой до 250кг. По полученному заданию согласно ГОСТу провести расчет и спроектировать чертежи горячей и холодной поковок.

Практическое занятие №2. *Расчет технологических переходов.*

По проведенному расчету практического занятия №1, подобрать необходимые технологические операции ГОШ, спроектировать рабочие ручьи, подготовить математическую модель для дальнейшего моделирования.

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторная работа №1 *Построение кривой упрочнения.*

В данной лабораторной работе слушатели курса изучат на практике методику сжатия цилиндрических образцов, применяемую для определения технологических свойств металлических материалов. Готовит отчет о работе. Отчет включает данные о цели работы, материалах, оборудовании, методике проведения работы, основных расчетных формулах, результатах измерения

размеров в начале и в конце эксперимента, результаты расчетов, постарения кривой упрочнения по результатам простейших механических испытаний.

Лабораторная работа №2 *Исследование формоизменения образцов при осадке на гидравлических прессах.*

Целью лабораторных работ служит формирование умения практического применения теории обработки металлов давлением к реальным процессам объемной штамповки, освоение методик расчета деформационных характеристик операций ОМД.

Лабораторная работа №3 *Расчет технологических переходов для ГКМ.*

Целью работы является исследование влияния конструктивных размеров поковки на выбор вида и количества наборных процессов для повышения устойчивости заготовок и исключения их изгиба при окончательном формоизменении.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Данной дисциплиной не предусматривается. Выполняется РГР.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы:

1. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.
2. ГОСТ 7062-90 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготовляемые ковкой на прессах. Припуски и допуски

4.2 Основная литература

1. Ковка и горячая штамповка: учеб. для вузов. -Семенов Е.И. М.: МГИУ, 2011г.Гриф УМО
2. Ковка и штамповка: в 4 т.: под ред. Е.Н. Семенова - М.: Машиностроение, 2010
3. Практическое применение винтовых прессов и гидравлических молотов в процессах горячей штамповки. Петров П.А., Перфилов В.И., Петров А.Н., Петров М.А.-М.МГМУ «МАМИ» 2014г.

б) дополнительная литература:

1. Нетрадиционные методы обработки материалов.-Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф.-М.: Изд-во МГОУ, Москва 2003г.
2. Обработка металлов взрывом. Крупин А.В., Соловьев В.Я., Попов Г.С.-М:Металлургия 1991г.
3. Специализированное кузнечно-прессовое оборудование. Степанов Б.А. - М.: МГИУ. 2005г

4. Штамповка кручением. Субич В.Н., Шестаков Н.А., Власов А.,-М:МГИУ. 2009г
5. Изотермическое деформирование высокопрочных анизотропных металлов / С.П. Яковлев, В.Н. Чудин, С.С. Яковлев, Я.А. Соболев. - М: Машиностроение-1, Изд-во ТулГУ, 2004.
6. Теория и расчёты процессов обработки металлов давлением. В 2-х томах. Воронцов А.Л.. М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

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

Офисные приложения, Microsoft Office 2013 (или ниже) - Microsoft Open License Лицензия № 61984042 Антивирусное ПО, Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Лицензии № 17521611170601569601 64

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

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

- online mospolytech ru

4.3 Электронные образовательные ресурсы

ЭОР находится в разработке

Программное обеспечение включает учебно-методические материалы в электронном виде. Электронно-библиотечные системы библиотеки Университета машиностроения и открытые ресурсы сети интернет

- ЭБС «ЛАНЬ». Коллекция «Инженерно-технические науки» (http://e.lanbook.com);
- БД полных текстов национальных стандартов (ГОСТ, СНиП, РД, РДС и др.) «Техэксперт» (http://www.kodeks.ru);
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://elibrary.ru);
- реферативная наукометрическая электронная база Scopus компании Elsevier (http://www.scopus.com);
- реферативная наукометрическая электронная база WOS компании THOMSON REUTERS SCIENTIFIC LLC Архив WOS (глубина архива 5 лет – с 2008 по 2012 гг., http://apps.webofknowlege.com);
- книги и периодические издания издательства Springer (http://link.springer.com);
- учебные видеофильмы (http://www.rutube.ru и http://www.youtube.com/, ключевые слова: проектирование производства, состав производства, проект участка производства);

4.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

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

5. Материально-техническое обеспечение

Аудитории и лаборатории кафедры «ОМДиАТ» АВ2508, АВ2509, а также лаборатории «САПР-ТП» АВ2514, лаборатория ОМД АВ 2102, А-ОМД. Аудитории оснащены, компьютерной и проекционной техникой.

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

6. Методические рекомендации

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – теоретическое и практическое усвоение студентами вопросов проектирования промышленных объектов (лабораторий, участков,

цехов) метизных производств, изучение основ строительного проектирования, определения количества рабочих и вспомогательного персонала, оборудования рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

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

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- использование материала собранного в ходе самостоятельной работы для эффективной подготовке к зачету, курсовой работе.

Задачи внеаудиторной работы студента:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным заданиям;
- подготовка к практическим работам;
- подготовка и выполнение курсовой работе;
- подготовка к сдаче к зачету, курсовой работы.

6.1. Методические рекомендации для преподавателя

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих – лекционные, практические занятия и консультирование. 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.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;

- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;

- познакомится с видами учебной работы;

- изучить содержание разделов дисциплины.

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 раскрывать 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 категории.

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 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, 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.

Экзамен или зачет по дисциплине проводится в форме устного доклада с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе контрольных вопросов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель принимающий зачет или экзамен лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

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

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

7. Фонд оценочных средств

7.1 Оценочные средства

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

- *подготовка и выполнение лабораторных/практических работ, их защита.*
- *Выполнение РГР;*
- *ЗАЧЕТ/ЭКЗАМЕН.*

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и ТЕСТИРОВАНИЕ.

Промежуточная аттестация (зачет) проводится в сроки, установленные утвержденным расписанием зачётно-экзаменационной сессии.

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины.

Перечень обязательных работ и форма отчетности по ним представлены в таблице

№ ОС	Виды работы	Форма отчетности и текущего контроля
1	Лабораторные работы (ЛР)/практические (ПР)	Оценка способности студента применить полученные ранее знания для проведения анализа, опыта, эксперимента и выполнения последующих расчетов, а также составления выводов
3	Расчетно-графическая работа	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

*Если не выполнен один или более видов учебной работы, указанных в таблице, преподаватель имеет право выставить неудовлетворительную оценку или не допустить к промежуточной аттестации.

7.2. Описание оценочных средств

Критерии оценки лабораторных/практических работ:

Студентами составляется отчет по выполненным работам в котором должны быть отражены:

1. *Титульный лист*
2. *Цели и задачи практической работы*
3. *Методика проведения расчетов и проектирования;*
4. *Расчет и построение необходимых схем, чертежей;*
5. *Вывод работы*

(зачтено): выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все вопросы лабораторных работ.

(не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания практической работы; студент не ответил на вопросы.

2.2. Критерии оценки РГР:

Студентами составляется отчет по расчетно-графической работе в котором должны быть отражены:

1.Титульный лист
2.Цели и задачи работы;
3.Технология часть расчет поковки согласно ГОСТ 7505-89;
4.Конструкторская часть – разработка технологических переходов;
5.Вывод работы

РГР выполняется после изучения основного теоретического курса и включает в себя расчет и проектирование горячей поковки по выданному преподавателей чертежу детали.

- Каждый студент выполняет индивидуальное задание по разработке технологического процесса ковки детали с заданными размерами.
- Цель задания более углубленная проработка разделов лекционного курса, освоение методики проектирования технологического процесса ковки.
- Порядок выполнения задания:

а) Составить чертеж поковки;

б) Определить массу и размеры заготовки;

в) Выбрать заготовку и рассчитать баланс металла;

г) Определить величину оптимального укова;

д) Подобрать необходимое кузнечное оборудование;

е) Назначить температурный интервал ковки и режимы нагрева слитка;

ж) Выбрать технологические операции и установить их последовательность;

з) Уточнить баланс металла;

и) Определить коэффициент точности заготовки и коэффициент расхода металла.

к) построить чертеж холодной и горячей поковки;

л) построить чертеж штампового (молотового) блока.

Перечень тем РГР:

Проект может выполняться студентами по тематикам, соответствующим темам тех проектов, над которыми они работают в рамках выпускной квалификационной работы, по согласованию с преподавателем, читающим данную дисциплину. Задание студент получает от преподавателя в виде чертежа или эскиза детали. Выполняется проект одним студентом. Тема проекта формулируется студентом с утверждением преподавателя.

Наименование тем:

1. Расчет поковки детали «Зубчатое колесо» при молотовой штамповке.
2. Расчет молотовой поковки детали «Вал».
3. Расчет поковки детали «Клапан» с подбором технологических переходов.
4. Разработка процесса горячей объемной штамповки детали «Поршень» с применением гидравлического пресса.
5. Разработка поковки детали «Звено» с применением КГШП.

(зачтено): выполнены все задания расчетные работы, студент четко и без ошибок ответил на все вопросы РГР.

(не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания расчетной работы; студент не ответил на вопросы.

2.3. Шкала оценивания по проведению зачета в 6семестре:

Шкала оценивания	**Описание**
Зачтено	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. 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.
Не зачтено	Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, ИЛИ студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Критерии оценки экзамена после 7 семестра:

1. Назначение:

Используются для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «теория и технология горячей объемной штамповки»

2. В билет включено два задания:

Задание 1. Вопрос для проверки теоретических знаний

Задание 2. Вопрос для проверки теоретических знаний.

3. Комплект экзаменационных билетов включает 20 билетов (образец прилагается).

4. Регламент экзамена: - Время на подготовку тезисов ответов - 40 мин

- Способ контроля: устные ответы.

5. Шкала оценивания:

а) при проведении экзамена:

Шкала оценивания	***Описание***
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 неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
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.

Каждое задание экзаменационного билета оценивается отдельно. Общей оценкой является среднее значение, округлённое до целого значения.

Образец экзаменационного билета:

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

Факультет Машиностроение, кафедра «ОМДиАТ»
Дисциплина «Теория и технология горячей объемной штамповки»
Направление (специальность) 15.03.01 «Машиностроение»
Образовательная программа «Машины и технологии обработки материалов давлением»
Курс 3,4, группа 211-222 , форма обучения **очная**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____

1. Метод конечных элементов. Численные методы решения.

2. Контроль механических свойств металла при горячей объемной штамповке.

Утверждено на заседании кафедры «_____» _____г., протокол № ____

Зав. кафедрой _____ /----------/

Перечень вопросов для подготовки к аттестации:

Термомеханический режим пластической обработки металлов

1. Какие технологические параметры определяют термомеханический режим ковки штамповки?
2. Что следует понимать под пластичностью с технологической точки зрения?
3. В чем состоит отличие степени деформации от интенсивности деформации?
4. Какими мерами определяется величина деформации?
5. Как влияет схема напряженного состояния на пластичность материала?
6. В чем состоит отличие предела текучести от напряжения текучести?
7. Когда и в каком направлении проявляется влияние скорости деформации на напряжение текучести?
8. По каким критериям определяются оптимальные степени деформации для различных классов сталей?

Исходные материалы и их подготовка для ковки и объемной штамповки

9. Почему структурно слиток неоднороден и каковы формы проявления неоднородности?
10. Какие части слитка подлежат удалению и с какой целью?
11. В чем состоит отличие обычного слитка и слитка, полученного непрерывной разливкой?
12. Какие материалы относятся к категории сталей и какие к категории сплавов?
13. В чем состоит отличие стали качественной от стали обыкновенного качества?
14. Какие стали относятся к классу углеродистых и на какие группы и категории они разделяются?
15. Какие цветные металлы и сплавы обрабатываются ковкой и штамповкой?

Разделка исходных материалов на заготовку под ковку и штамповку

16. Какие способы резки исходного проката на заготовки относятся к безотходным?
17. Какие технологические и производственные факторы следует учитывать при выборе способа резки?
18. Какими относительными величинами оценивается точность заготовки при резке на ножницах?
19. Какие виды дефектов возникают при резке а ножницах?
20. Какие существуют механические схемы резки и чем следует

руководствоваться при их выборе?

21. Какие существуют стадии процесса резки сортового проката? В каком случае зазор между ножами считается оптимальным?
22. Как изменяется значение оптимального зазора с изменением толщины металла и его пластических свойств?
23. Как выполнить условие постоянства относительного осевого зазора между ножами по толщине заготовки?
24. С какой целью при резке сортового проката применяется прижим и как должна изменяться сила прижима в процессе резки?
25. Можно ли отметить характерные стадии деформирования на диаграммах усилие-путь? Как изменяется характер этих кривых в зависимости от пластических свойств материала и зазора?

Технология ковки

26. По какой причине при осадке происходит бочкообразование, и какой относительной величиной оно оценивается?
27. При каких условиях возможно получение "двойной бочки" при осадке?
28. При каких условиях возможно получение при осадке грибообразной формы заготовки?
29. Если при осадке условия трения на торцах неодинаковы, ближе к какому торцу будет находиться наибольший диаметр поковки?
30. При каких условиях возможно получение вогнутой боковой поверхности при осадке?
31. Какая из линейных деформаций будет наибольшей при единичном обжатии при протяжке?
32. В чем проявляется влияние внешних недеформируемых участков при протяжке?
33. Какая из линейных деформаций будет наибольшей обжатии при протяжке за один проход?
34. Какие величины укова рекомендуются при выполнении основных операций ковки?

Штамповка на молотах

35. Когда используют наметку с карманом?
36. Когда используют наметку с магазином?
37. Как определить группу стали по ГОСТ 7505-89?
38. Как определить степень сложности поковки по ГОСТ 7505-89?
39. Как определить расчетную массу поковки?
40. Как определить исходный индекс поковки?

41. Чем отличается чертеж горячей поковки от чертежа холодной?
42. Какую роль играет мостик и магазин облойной канавки в процессе штамповки?
43. Для чего в штампах предусматриваются замки?
44. В каких случаях используют в окончательном ручье наметку с магазином?
45. Допускается ли увеличение припуска в зависимости от вида нагрева?
46. Чем определяется величина зерна после горячей штамповки?
47. Чем определяется необходимый температурный интервал ковочных температур?
48. Какой максимальный температурный интервал может быть реализован для низкоуглеродистых доэвтектоидных сталей?
49. Для каких поковок строится расчетная заготовка?
50. Чем отличается средняя расчетная заготовка от расчетной заготовки?
51. Почему эпюру с резкими очертаниями надо привести к плавной форме?
52. В каких случаях штамповочные уклоны в предварительном ручье устанавливают больше, чем в окончательном?
53. Какие ручьи можно исключить, применяя периодический прокат?

Штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах

54. Какие полости штампа заполняются легче при штамповке на КГШП?
55. Каким образом при штамповке на КГШП следует регулировать давление в полости ручья?
56. Какие операции из-за опасности заклинивания на КГШП не проводят?
57. Какие заготовительные ручьи применять на КГШП нецелесообразно?
58. Почему необходим гарантированный зазор по плоскости разъема штампа КГШП?
59. Какое оборудование характеризуется большей универсальностью: молот или КГШП и почему?
60. Почему при штамповке на КГШП не используется прутковая заготовка?

Штамповка в закрытых штампах

61. Где следует располагать плоскость разъема закрытого штампа?
62. Какая стадия штамповки в закрытых штампах является завершающей?
63. Каковы особенности методики выбора молота для закрытой штамповки?
64. Каковы особенности выбора пресса для закрытой штамповки?

Перечень экзаменационных вопросов:

	Наименование вопроса

1.	Влияние коэффициента трения на положение линии раздела в очаге деформации
2.	Физико-механические основы теории ковки и штамповки.
3.	Упругая и пластическая деформации.
4.	Влияние температуры на свойства материала.
5.	Неоднородности металла, вызываемые пластическим деформированием.
6.	Основные критерии деформируемости металлов.
7.	Деформируемость металла в условиях горячей деформации.
8.	Оценка деформируемости заготовок при горячей штамповке
9.	Методы анализа процессов пластической деформации
10.	Математическое моделирование ковки и объемной штамповки
11.	Математическое моделирование при прессовании
12.	Метод конечных элементов. Численные методы решения.
13.	Осесимметричная деформация. Поля скоростей.
14.	Контроль механических свойств металла при горячей объемной штамповки.
15.	Прямое выдавливание (прессование).
16.	Анализ деформационных возможностей кузнечного инструмента.
17.	Определение очагов деформации при штамповке осесимметричных поковок.
18.	Штамповка в открытых штампах. Факторы, влияющие на штамповку в открытых штампах.
19.	Классификация поковок, штампуемых на молоте.
20.	Нагрев заготовок под ковку. Режимы нагрева и его контроль.
21.	Операции ковки, при которых происходит изменение формы заготовки.

22.	Операции свободной ковки.
23.	Очистка поковок и заготовок.
24.	Параметры, влияющие на величину зазора между пуансоном и матрицей при вырубке.
25.	Показатели, определяемые при испытании образцов при осадке.
26.	Правка поковок: сущность процесса, область применения, технологические особенности правки.
27.	Разделка проката в штампах.
28.	Горячая объемная штамповка. Классификация основных технологических операций.
29.	Расчет поковки. Назначение величины перемычек под пробивку при проектировании поковок.
30.	Расчет поковки. Расчет величины облоя.
31.	Расчетная заготовка, эпюра сечений, коэффициент подкатки.
32.	Свободная ковка: назначение и область применения. Составление чертежа поковки.
33.	Сортамент металла, применяемого при ковке, штамповке.
34.	Способы разделки проката на заготовки.
35.	Температурный интервал ковки и объемной штамповки.
36.	Технический контроль поковок: дефекты поковок, способы их обнаружения и устранения.
37.	Холодная и горячая обрезка облоя и просечка сквозных полостей в поковках.
38.	Штамповка на ГКМ: сущность процесса, область применения
39.	Штамповка на молотах: сущность процесса, область применения
40.	Электровысадка: сущность процесса, область применения