

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

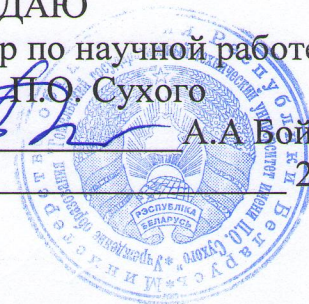
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
"ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.О. СУХОГО"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
ГГТУ им. П.О. Сухого

 А.А. Бойко

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2018



**ПРОГРАММА**

**ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ В МАГИСТРАТУРУ**

по специальности 1-42 80 01 "Металлургия"

Гомель 2018

## **1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Вступительный экзамен является по своему содержанию междисциплинарным, в связи с чем, программа определяет круг тем и вопросов, а также объём и уровень содержания курсов, входящих в учебный план подготовки специалистов первой ступени высшего образования по специальностям: 1 – 36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением», 1 – 36 02 01 «Машины и технология литейного производства», 1 – 42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)».

Цель вступительного испытания заключается в комплексной проверке знаний, умений и навыков абитуриентов программы магистратуры в области дисциплин металлургического профиля, с целью обоснованной квалификационной оценки, позволяющей определить их рейтинг в конкурсе на бюджетные места обучения в магистратуре.

Основной задачей вступительного испытания является дополнительная стимуляция абитуриентов к углубленному изучению специальных дисциплин металлургического профиля.

Форма проведения вступительного испытания. К сдаче вступительного экзамена допускаются лица, имеющие диплом об окончании 1-й ступени высшего образования по специальностям 1 – 36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением», 1 – 36 02 01 «Машины и технология литейного производства», 1 – 42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)», 1 – 42 01 02 «Порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия», и имеющих склонность к научным исследованиям, что подтверждается научными публикациями, участием в разработке научно-исследовательских тем и инновационных проектов, в научно-практических конференциях, семинарах или другими материалами. Вступительный экзамен проводится в устной форме.

В программу включены вопросы курсов «Теория и технология электроплавки стали и ферросплавов», «Технологическое оборудование металлургических цехов», «Теория и технология прокатного производства», «Теория и технология волочильного производства», «Теория и технология литейного производства», «Специальные виды литья», «Технологияковки и горячей штамповки», «Технология листовой штамповки».

## **2. НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ**

### **2.1 «ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОПЛАВКИ СТАЛИ И ФЕРРОСПЛАВОВ»:**

#### **2.1.1. Основы теории металлургических процессов.**

Физико-технические основы электрометаллургии. Кинетика сталеплавильных процессов. Поверхностные явления в сталеплавильных процессах. Основы учения о шлаках.

#### **2.1.2. Производство стали в дуговых печах.**

Шихтовые материалы и загрузка печи. Период плавления. Окислительный период. Восстановительный период (доводка плавки). Способы выплавки стали в основных дуговых печах. Выплавка углеродистых сталей в основных электропечах. Выплавка легированных сталей в основных электропечах. Мате-

риальный и тепловой балансы плавки стали в основной дуговой печи. Выплавка стали в кислых дуговых печах.

2.1.3. Производство стали в индукционных печах и установках для переплава.

Индукционные печи. Выплавка стали в открытых и вакуумных индукционных печах. Выплавка металла в установках для переплава.

2.1.4. Внепечная обработка, разливка стали и качество стального слитка (литых заготовок).

Внепечное рафинирование стали. Разливка стали в слитки. Непрерывная разливка стали. Технологический контроль выплавки и разливки стали.

2.1.5. Электрометаллургические печи для производства ферросплавов.

Классификация электрометаллургических печей. Конструкция ферросплавных печей. Электроды. Электрооборудование и размеры рабочего пространства ферросплавных печей.

2.1.6. Производство ферросплавов.

Общая характеристика ферросплавов и их назначение. Производство сплавов кремния. Производство сплавов марганца. Производство сплавов хрома. Производство ферровольфрама. Производство ферромolibдена.

## **2.2 «ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЦЕХОВ»:**

2.2.1. Общая характеристика металлургического оборудования.

Значение металлургии в народном хозяйстве. Цветная и черная металлургия Республики Беларусь. Перспективы развития металлургии в Республике Беларусь. Классификация и удельный вес различных видов металлургической промышленности в объеме производства металлов. Общие характеристики технологического оборудования металлургической промышленности. Условия работы и требования к металлургическому оборудованию с учетом интенсификации технологических процессов.

2.2.2. Машины и агрегаты для подготовки материалов к сталеплавному переделу.

Общие сведения о способах переработки лома. Машины и агрегаты для дробления стружки. Ломоперерабатывающее оборудование: гидравлические, механические и аллигаторные ножницы. Пакетировочные и брикетировочные прессы. Оборудование для сортировки лома.

2.2.3. Грузоподъемное и транспортное оборудование.

Грузозахватные устройства шихтовых кранов. Ленточные конвейеры. Крановые завалочные машины. Машины для загрузки электропечей шлакообразующими материалами.

2.2.4. Машины и агрегаты кислородно-конвертерных цехов.

Устройство кислородных конвертеров и их узлов. Конструкции кислородных конвертеров черной и цветной металлургии. Приводы. Механизмы поворота конвертеров и их расчет.

2.2.5. Оборудование электросталеплавиельных цехов.

Конструкция электропечей и их механизмов. Конструкция корпуса и сводового кольца. Конструкции электрододержателей. Устройство механизмов за-

жима и перемещения электродов. Устройство механизмов наклона, поворота и перемещения корпуса и свода печей. Электроды. Оборудование для электромагнитного перемешивания металла.

#### 2.2.6. Оборудование для внепечной обработки стали.

Установки для продувки стали инертным газом. Оборудование для продувки жидкого металла порошкообразными материалами. Установка комплексной обработки металла в ковше. Оборудование для вакуумной обработки металла. Ковшевые вакууматоры. Вакуумирование металла в выносных вакуумных камерах.

#### 2.2.7. Машины и оборудование для разлива стали.

Сталеразливочные ковши. Стопорные затворы. Скользящие затворы. Разливочные краны.

#### 2.2.8. Машины и оборудование для непрерывного литья заготовок.

Конструкции машин непрерывного литья заготовок. Слябовые машины. Сортные машины. Горизонтальные МНЛЗ. Сталеразливочные стенды. Конструкции кристаллизаторов. Механизмы качания кристаллизаторов. Оборудование для электромагнитного перемешивания жидкой фазы литого слитка. Приводные и неприводные роликовые проводки.

#### 2.2.9. Установки электрошлакового переплава.

Конструкция установок электрошлакового переплава для получения слитков. Установки электрошлакового переплава специального назначения.

### **2.3 «ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА»:**

2.3.1. Определение, история, назначение, классификация процесса прокатки.

Определение и назначение процесса прокатки. История развития процесса прокатки. Определение сортамента, профиля. Определение прокатного стана, прокатной клетки, привода прокатной клетки. Общая классификация процессов прокатки. Классификация процессов прокатки по кинематической схеме деформации металла. Классификация процессов прокатки по схеме прохода в прокатных клетях. Классификация процессов прокатки по назначению.

2.3.2 Геометрические и деформационные параметры продольной прокатки.

Геометрические параметры очага деформации продольной прокатки. Основные виды формы очага деформации продольной прокатки. Деформационные параметры продольной прокатки. Соотношение между уширением и удлинением при продольной прокатке. Влияние на уширение факторов прокатки. Площадь контактной поверхности между полосой и валком. Средняя скорость деформации при прокатке.

2.3.3 Кинематические параметры продольной прокатки. Контактное трение при прокатке.

Основные кинематические стадии продольной прокатки. Условия захвата полосы. Условие движения полосы. опережение и отставание полосы. Зависимости для расчета опережения и отставания. Нейтральный угол продольной прокатки. Общая характеристика контактного трения при прокатке. Факторы,



влияющие на коэффициент контактного трения при прокатке. Величина контактного трения при прокатке. Кинематические особенности непрерывной продольной прокатки. Натяжение и петлеобразование полосы при непрерывной продольной прокатке.

#### 2.3.4 Энергосиловые параметры продольной прокатки.

Сопrotивление пластической деформации металла при прокатке. Напряженное состояние очага деформации при продольной прокатке. Распределение продольных напряжений в продольном сечении очага деформации продольной прокатки. Распределение контактных напряжений на дуге контакта продольной прокатки. Количественная оценка влияния ширины и высоты полосы на напряженное состояние очага деформации. Количественная оценка влияния коэффициента контактного трения полосы, натяжения и подпора полосы на напряженное состояние очага деформации. Давление прокатки. Усилие и момент простой продольной прокатки. Момент прокатки продольной прокатки с натяжением и подпором полосы. Момент прокатки для асимметричных схем продольной прокатки. Работа продольной прокатки. Мощность прокатки и двигателя прокатного стана. Температура прокатки.

#### 2.3.5 Основные виды прокатного производства. Производство блюмов.

Виды прокатного производства. Назначение, сортамент блюмов и слябов. характеристика исходных слитков. Общая схема технологического процесса производства блюмов. Определение количества проходов прокатки на блюминге. Определение обжатий полосы по проходам прокатки блюминга. Определение размеров сечения полосы по проходам блюминга. Определение размеров калибра блюминга. Деформационные параметры прокатки на блюминге. Формирование исходных данных для скоростного расчета блюминга. Скоростные диаграммы блюминга первого и второго типов. Скоростные диаграммы блюминга третьего и четвертого типов. Определение величины цикла прокатки на блюминге. Определение максимального числа оборотов валков блюминга.

Дефекты блюмов.

#### 2.3.6 Производство сортового проката.

Сортамент сортовых профилей. Общая схема сортопрокатного производства. Особенности сортовой прокатки. Расчёт производительности прокатки. Особенности формирования механических свойств сортового проката. Подготовка и нагрев заготовок в сортопрокатном производстве. Цели и задачи калибровки валков для сортовой прокатки. Элементы калибра. Виды калибров прокатных валков. Виды систем вытяжных калибров. Определение количества проходов, вытяжек и площадей сечения полосы при сортовой прокатке. Определение площадей сечений полосы при сортовой прокатке в вытяжных калибрах. Чистой круглый калибр. Предчистой овалный калибр. Чистой квадратный калибр. Предчистой ромбический калибр. Вытяжной квадратный калибр. Вытяжной ромбический калибр. Вытяжной ребровый овалный калибр. Вытяжной овалный калибр. Особенности прокатки катанки. Особенности прокатки углового профиля. Особенности прокатки полосового профиля. Особенности непрерывной сортовой прокатки с продольным разделением раската. Технологические схемы процесса прокатки-разделения. Использование канту-

ющих калибров в процессе прокатки-разделения. Схемы специальных калибров для слиттинг-процесса. Дефекты сортовых профилей.

2.3.7 Прокатное производство рельсов, балок, швеллеров, листовых, полосовых и угловых профилей, профилей из цветных металлов.

Сортамент углового и полосового профиля. Особенности прокатки углового профиля. Особенности прокатки полосового профиля. Сортамент сортового проката из цветных металлов и сплавов. Особенности техпроцесса производства сортового проката из цветных металлов и сплавов. Литейно-прокатные агрегаты в металлургии цветных металлов. Сортамент рельсов, балок и швеллеров. Основные технологические операции при производстве рельсов. Основные технологические операции производства балок и швеллеров. Сортамент листового проката. Основные технологические операции горячей прокатки толстых листов. Основные технологические операции горячей прокатки широких полос. Планетарные широкополосовые прокатные станы. Основные технологические этапы производства стальных холоднокатаных листов. Схемы прокатки холоднокатаных листов. Особенности холодной листовой прокатки цветных металлов. Особенности прокатки легированной стали. Расчет машинного времени и такта прокатки непрерывной прокатки. Расчёт производительности прокатки.

2.3.8 Прокатное производство специальных профилей.

Виды прокатных периодических профилей. Сортамент арматурного профиля. Продольная прокатка периодических профилей. Периодический профиль арматурной стали. Особенности калибровки периодического профиля арматурной стали. Особенности термообработки арматурной стали. Производство гнутых профилей. Винтовая прокатка периодических профилей. Прокатное производство колец. Прокатное производство колес. Схемы поперечной прокатки. Способы прокатки шестерен.

Поперечная клиновая прокатка с плоским инструментом. Поперечно-клиновое прокатка с валковым инструментом. Вакуумная прокатка. Перспективные направления развития теории и технологии прокатки.

## **2.4 «ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОЛОЧИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА»**

2.4.1 Определение процесса волочения, виды процессов волочения и волок, напряженное и деформированное состояние очага деформации волочения.

Определение процесса волочения. Назначение процесса волочения. Краткая история развития процесса волочения. Основные виды процессов волочения. Монолитная волока. Роликовая волока. Сдвоенные и напорные волокни. Трубные волокни. Деформированное состояние очага деформации при волочении. Деформационные и кинематические параметры волочения. Напряженное состояние очага деформации при волочении. Дифференциальное уравнение напряжений при волочении. Решение дифференциального уравнения напряжений при волочении. Напряжение волочения в цилиндрической зоне волоки.

2.4.2 Напряжение, сила, мощность, температура волочения, контактное трение и упрочнение металла при волочении.

Напряжение и сила волочения. Напряжение волочения в сдвоенных волокнах. Напряжение волочения проволоки с тонким покрытием. Определение ве-

личины противонатяжения волочения. Волочение с противонатяжением. Волочение во вращающихся волоках. Мощность электродвигателя привода волочильного стана. Многократное волочение проволоки с накоплением витков проволоки. Многократное волочение проволоки с автоматической регулировкой скорости волочения. Многократное волочение проволоки на волочильных станах со скольжением. Температура волочения. Коэффициент контактного трения при волочении. Оптимизация геометрии рабочего канала волоки. Факторы, определяющие значение сопротивления пластической деформации металла, обрабатываемого волочением.

2.4.3 Основные этапы волочильного производства. Удаление окалины, термическая обработка и покрытия проволоки в волочильном производстве.

Общая характеристика волочильного производства. Классификация проволоки и прутков. Этапы волочильного производства. Технологическая схема производства проволоки из низкоуглеродистой стали. Технологические схемы производства проволоки из высокоуглеродистой стали. Способы удаления окалины проволоки, свойства окалины. Травление проволоки в водном растворе серной кислоты. Травление проволоки в водном растворе соляной кислоты. Подсмазочные слои для волочения проволоки. Удаление окалины проволоки в окалиноломателях. Струйная и лезвийная обработка поверхности проволоки. Особенности волочения проволоки после механического удаления окалины. Технологические смазки для волочения проволоки. Влияние факторов волочения на образование смазочного слоя. Термическая обработка проволоки отжигом и нормализацией. Термическая обработка проволоки патентированием и закалкой с отпуском. Виды защитных и специальных покрытий проволоки. Цинкование и лужение проволоки. Алюминирование проволоки. Меднение и латунирование проволоки. Латунирование проволоки на непрерывных агрегатах. Расчет режима латунирования проволоки. Неметаллические покрытия проволоки.

2.4.4 Проектирование маршрутов волочения стальной проволоки.

Определение видов волочильных станов в производстве стальной проволоки. Определение минимального количества переделов волочения. Определение вида волочильного оборудования и параметров последнего передела волочения. Определение видов перетяжных волочильных станов. Определение промежуточных диаметров проволоки для перетяжных волочильных станов. Определение марки стали с целью получения заданных свойств готовой проволоки. Определение деформационно-кинематических режимов волочения на магазинных волочильных станах.

Определение деформационно-кинематических режимов волочения на петлевых и прямоточных волочильных станах. Определение деформационно-кинематических режимов волочения для волочильных станов со скольжением методом минимального скольжения. Определение деформационно-кинематических режимов волочения для волочильных станов со скольжением методом устанавливаемого скольжения. Влияние химического состава стали на технологию волочения и свойства проволоки. Особенности волочения проволоки из высокоуглеродистой стали. Зависимость пластических свойств проволоки

от режима волочения. Остаточные напряжения в металле после волочения. Основные причины обрывности при волочении проволоки.

#### 2.4.5 Волоочильный инструмент. Отделка и испытания проволоки.

Основные требования к калибровке роликовых волок. Основные виды систем калибров роликовых волок. Построение калибров роликовых волок в системе круг-стрельчатый квадрат. Построение калибров роликовых волок в системе треугольник-круг. Производство проволоки некруглого сечения плющением. Волоочильный инструмент. Технология получения волоочильного инструмента с твердосплавными вставками. Алмазные и составные волокни. Обработка канала волок. Виды брака готовой проволоки. Механические испытания проволоки. Технологические испытания проволоки. Отделка готовой проволоки. Смазка и упаковка готовой проволоки и прутков. Особые способы волочения. Основные направления развития волоочильного производства.

### **2.5 «ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА»**

2.5.1 Физико-химические процессы, происходящие при формировании свойств формовочных и стержневых смесей

Основы создания литейной формы. История развития литейного производства через различные методы формообразования, разработанные человечеством в разные периоды его развития. Формирование адгезионно-когезионных связей в литейной форме.

#### 2.5.2 Наполнители формовочных и стержневых смесей

Классификация наполнителей формовочных и стержневых смесей.

Высоко-, средне- и огнеупорные наполнители. Минералогический и химический составы наполнителей. Влияние примесей на формирование адгезионных связей со структурными составляющими связующих материалов.

#### 2.5.3 Связующие материалы

Классификация и области применения связующих материалов. Физико-химические свойства и области применения формовочных глин. Водные неорганические связующие материалы. Основы синтеза органических водных связующих материалов, их разновидности и области применения.

#### 2.5.4 Классификация и области применения вспомогательных материалов

Основные положения теории ПАВ в растворах. Отвердители и катализаторы связующих систем.

2.5.5 Физико-химические процессы, происходящие при отверждении песчано-смоляных смесей

Механизм поликонденсации и полимеризации терморезистивных связующих материалов. Каталитическое действие солей на процессы отверждения песчано-смоляных смесей.

2.5.6 Физико-химические процессы отверждения смесей с неорганическими связующими материалами

Жидкостекольные смеси. Фосфатные смеси. Поликонденсационные смеси.

#### 2.5.7 Основы теории формирования свойств формовочных смесей



Единые формовочные смеси. Облицовочные (ОФС) и наполнительные (НФС) формовочные смеси. Контроль качества формовочных и стержневых смесей

#### 2.5.8 Механизмы образования дефектов отливок

Газовый режим литейной формы. Механизм образования газовых дефектов в отливке. Разновидности пригара на поверхности отливки и методы его устранения. Противопригарные материалы и покрытия. Механизм образования ужимин и методы борьбы с ними.

#### 2.5.9 Современные методы регенерации формовочных песков и смесей

Подготовка оборотной смеси к повторному использованию. Физико-химические процессы, происходящие при отделении пленок от поверхности наполнителя формовочных и стержневых смесей.

#### 2.5.10 Технология ручных способов изготовления литейных форм

Формовочная оснастка и инструмент. Разновидности ручной формовки в опоках. Схемы организации участков ручной формовки.

#### 2.5.11 Технология механизированных методов формообразования

Прессовые методы уплотнения форм. Динамические методы уплотнения форм. Комбинированные методы уплотнения литейных форм. Основы создания автоматических формовочных линий (АФЛ).

#### 2.5.12 Технология изготовления стержней

Ручные методы изготовления стержней. Пескодудный и пескострельный методы изготовления стержней. Технология окрашивания, сушки, отделки и контроля качества стержней.

#### 2.5.13 Основы проектирования литейной оснастки

Основы проектирования моделей и стержневых ящиков. Методы изготовления литейных моделей и стержневых ящиков. Конструирование стержней. Назначение и классификация конструкций литниковых систем. Особенности конструкций и расчета литниковых систем.

#### 2.5.14 Технология финишных операций изготовления отливки

Заливка литейных форм. Технологии выбивки отливок из формы, стержней из отливок. Обрубка, очистка и контроль качества отливок.

#### 2.5.15 Экологические проблемы литейного производства

Основные виды вредных веществ, образующихся в период смесеприготовления, изготовления форм и стержней.

Газовыделения при заливке и охлаждении отливок.

## **2.6 «СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ЛИТЬЯ»**

### 2.6.1 Понятие о специальных способах литья.

Классификация специальных видов литья. Экономические аспекты использования различных специальных видов литья. Перспективы дальнейшего расширения применения специальных методов литья при производстве отливок, как методов с меньшей материало- и энергоемкостью, меньшими трудозатратами, позволяющими существенно улучшить условия труда и уменьшить вредное воздействие на окружающую среду.

### 2.6.2 Литье в оболочковую форму.

Сущность литья в оболочковые формы, основные операции, область при-

менения. Преимущество и недостатки способа. Технология приготовления ПСС. Огнеупорные материалы, связующие, специальные добавки. Разделительные покрытия. Физико-химические и механические свойства смесей. Модельная оснастка. Особенности конструкции нагреваемой оснастки. Материалы оснастки. Способы изготовления форм. Сборка форм. Заливка, выбивка. Финишные операции. Проектирование отливок. Особенности изготовления отливок из различных сплавов. Дефекты отливок при литье в оболочковые формы.

#### 2.6.3 Кокильное литье.

Сущность кокильного литья, технические и экономические преимущества, недостатки метода и область его применения. Основные операции. Особенности условий формирования отливки при литье в кокиль. Тепловой режим кокиля и его регулирования. Защитные покрытия для кокилей. Конструкция кокилей, материалы для их изготовления, стойкость металлических форм, проблемы ее повышения. Проектирование отливок. Особенности формирования отливок из различных сплавов при литье в кокиль. Дефекты отливок при литье в кокиль. Литье в облицованные металлические формы.

#### 2.6.4 Литье под давлением.

Сущность способа литья под давлением, его преимущества, недостатки и область применения. Физические условия формирования отливки при литье под давлением. Характер заполнения формы металлом и условия кристаллизации. Взаимосвязь гидродинамических режимов движения расплава в пресс-форме, процессов удаления газов из пресс-формы, тепловых режимов литья и их влияние на качество отливки. Конструкции пресс-форм и их элементы. Вентиляционные системы пресс-форм. Проектирование отливок при литье под давлением. Способы подвода металла в пресс-форму. Дефекты отливок при литье под давлением. Литье под регулируемым газовым давлением. Сущность процессов литья под регулируемым давлением газа.

#### 2.6.5 Литье по выплавляемым моделям.

Сущность способа литья по выплавляемым моделям, его преимущества, недостатки и область применения. Особенности формирования отливки при литье в многослойные оболочковые формы по выплавляемым моделям. Технология изготовления моделей и модельных блоков. Модельные составы. Приготовление модельных составов. Изготовление моделей. Сборка моделей в блоки. Конструкции пресс-форм и их элементы. Технология изготовления форм. Формовочные материалы и их подготовка. Изготовление керамических оболочек. Заливка, выбивка и очистка отливок при литье по выплавляемым моделям. Проектирование отливок при литье по выплавляемым моделям. Дефекты отливок при литье по выплавляемым моделям.

#### 2.6.6 Центробежное литье.

Сущность и разновидности центробежного способа литья, преимущества, недостатки, область применения. Технология центробежного литья. Особенности формирования отливки в поле действия центробежных сил. Влияние режимов литья на формирование отливки. Методы футеровки металлических форм, охлаждение форм, дозирование жидкого металла. Центробежное литье труб. Изготовление специальных отливок. Дефекты отливок при центробежном литье.

### 2.6.7 Непрерывное литье.

Способы непрерывного литья. Сущность способов, преимущества, недостатки, область применения, особенности формирования отливок. Изготовление отливок из чугуна, алюминиевых сплавов на установках горизонтального типа. Изготовление гильз, втулок, труб на установках вертикального типа.

### 2.6.8. Электрошлаковое литье.

Сущность способа, преимущества, недостатки, область применения. Особенности формирования отливки и ее качество. Конструкция форм и установок, перспективы развития способа.

### 2.6.9 Литье выжиманием.

Сущность способа, преимущества, недостатки, область применения. Особенности формирования отливок и их качества. Основные схемы осуществления процесса. Перспектива развития способа.

### 2.6.10 Литье методом направленной кристаллизации.

Сущность способа, преимущества, недостатки, область применения.

Особенности формирования отливки и ее качества. Конструкция литейных форм и установок.

### 2.6.11 Литье намораживанием (жидкая штамповка).

Литье непрерывным намораживанием непосредственно из расплава. Сущность способа и его возможности. Особенности условий формирования отливки. Намораживание в валках. Сущность способа и его возможности. Особенности формирования отливки.

## **2.7 «ТЕХНОЛОГИЯ КОВКИ И ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ»**

### 2.7.1 Введение

Кузнечно-штамповочное производство в машиностроении. Назначение и эффективность получения заготовок способами ковки и объемной штамповки. Основные операции, выполняемые в кузнечном производстве.

### 2.7.2 Исходный металл и заготовки

Металлы и заготовки для ковки и штамповки. Классификация сталей и цветных сплавов. Сортамент: слитки, блюмы и сортовой прокат. дефекты заготовок для ковки и штамповки.

### 2.7.3 Резка металла

Разделение металла на заготовки. Классификация способов резки металла. Разрезка в штампах и ножницах. Классификация способов резки в штампах. Геометрические и силовые характеристики резки. Дефекты при резке.

Разрезка кручением. Холодная ломка. Разрезка зубчатыми пилами. Разрезка абразивными кругами. Электрические способы резки (анодно-механическая и электроискровая). Лазерная резка

Выбор способа разделения металла на заготовки. Отходы металла при разрезке.

### 2.7.4 Термический режим горячей обработки металлов

Допустимый и рациональный температурный интервалы горячей обработки металлов. Режимы нагрева и охлаждения поковок. Способы нагрева, уменьшение окалинообразования и очистки нагретого металла от окалины. Де-

фекты нагрева: перегрев, пережог, обезуглераживание, окалинообразование. Контроль термического режима.

#### 2.7.5 Штамповка на молотах

Горячая объемная штамповка. Классификация способов горячей штамповки. Преимущества и недостатки горячей штамповки. Классификация поковок по общности технологии штамповки.

Разработка чертежа молотовой поковки. Назначение и выбор поверхности разъема, назначение припусков, допусков и кузнечных напусков. Установление радиусов скруглений. Определение формы размеров наметок. Чертеж холодной и горячей поковок. Технические условия на поковки.

Классификация ручьев молотового штампа. Проектирование окончательного, предварительного и заготовительно-предварительного (двутавр) штамповочных ручьев.

Проектирование ручьев для изменения формы заготовки в соответствии с площадями поперечных сечений поковки (пережимной, подкатной, протяжной). Ручьи для изменения формы заготовки в соответствии с формой поковки в плане (формовочный, гибочный). Площадка для осадки. Высадочный ручей. Отрубной нож.

Расчет и выбор штампового кубика. Размеры штампа. Взаимное расположение ручьев на зеркале штампа. Минимальное расстояние между ручьями. Контрольный угол. Элементы крепления штампа: хвостовик, шпонка, клин. Уравновешивание сдвигающих усилий, контрзамок, замок. Чертеж молотового штампа.

Расчетная заготовка и эпюра сечений. Элементарная и сложная расчетная заготовка. Коэффициент подкатки. Методы выбора молотовых ручьев по трудоемкости процесса по переходам и по суммарному коэффициенту подкатки. Выбор штамповочных переходов молотовых поковок.

#### 2.7.6 Штамповка на КГШП

Сравнительная оценка штамповки на молотах и КГШП. Преимущества и недостатки процесса штамповки на КГШП. Классификация поковок. Особенности разработки поковок КГШП.

Конструирование ручьев штампов КГШП. Конструирование штампов КГШП. Устройства для выталкивания поковок из блока.

Штамповка в штампах для выдавливания. Параметры процесса выдавливания. Выбор переходов штамповки поковок КГШП.

#### 2.7.7 Штамповка на ГКМ

Преимущества и недостатки. Классификация поковок. Особенности чертежа поковки ГКМ. Классификация ручьев штампов ГКМ. Наборные и формовочно-прошивные ручьи.

Просечные ручьи ГКМ. Отрезные и обрезные ручьи. Специальные ручьи ГКМ.

Конструирование штампов ГКМ. Конструкция блоков матриц и пуансонов. Взаимное расположение ручьев. Крепление ручьевых вставок и пуансонов. Упоры.

Правила высадки Разработка технологического процесса высадки в коническом пуансоне.

Выбор переходов штамповки для поковок типа колец и втулок на ГКМ. Высадка трубной заготовки. Выбор параметров ГКМ по усилию и штамповому пространству.

#### 2.7.8 Завершающие и отделочные операции горячей штамповки

Холодная и горячая обрезка облоя и просечка перемычек. Режущие части штампов – матрицы, пуансоны. Съёмники для снятия заусенца. Правка поковок. Технологическое оборудование. Конструкция штампов. Калибровка поковок. Сущность процесса. Конструкция штампов и технологическое оборудование. Очистка поковок от окалины. Термическая обработка.

Брак при горячей штамповке. Задачи и способы технического контроля. Контрольные приспособления и измерительный инструмент. Стабильные и нестабильные элементы поковок. Насадочные и приемочные контрольные приспособления.

#### 2.7.9 Свободная ковка металла

Преимущества и недостатки. Основные операции свободнойковки: осадка, протяжка, прошивка, рубка, закручивание, сварка. Ковка в подкладных и секционных штампах. Разработка технологического процесса свободнойковки.

#### 2.7.10 Холодная объемная штамповка металлов

Преимущества и недостатки. Классификация операций ХОШ. Производство заготовок. Термообработка, подготовка поверхности.

Особенности технологических переходов ХОШ. Продольная устойчивость заготовок. Предельная пластичность металла при холодной объемной штамповке.

Этапы разработки технологии ХОШ. Факторы, влияющие на точность изготовления детали.

Конструирование штампов ХШО: пуансоны, оправки, матрицы, выталкиватели, опорные прокладки. Материалы для рабочих частей штампов. Термосплавный инструмент для ХОШ.

Оборудование ХОШ: однопозиционные, двухпозиционные, многопозиционные автоматы.

Автоматы обрeзные, проволочно-гвоздильные. Автоматы для штамповки шариков и роликов.

Специализированные процессы формообразования заготовок: Редуцирование, выдавливание полостей технологической оснастки, холодная торцевая раскатка деталей.

Накатка резьб и профилей. Раскатка колец и бандажей. Навивка пружин и гибка проволоки на автоматах. Технологические смазки при ХОШ.

## 2.8 «ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ»

### 2.8.1 Введение.

Характеристика технологии листовой штамповки, область и масштабы применения, ее преимущества в техническом и экономическом отношении. Состояние и перспективы развития. Классификация операций листовой штамповки. Понятие о рабочем инструменте и штампе.

### 2.8.2. Материалы для листовой штамповки.

Выбор материалов для изготовления деталей листовой штамповкой. Характеристика листового проката. Листовые углеродистые и легированные стали, стали специального назначения (декапированная сталь, жесть, биметаллы и т.п.), цветные металлы и сплавы. Сортамент листовых материалов. Хим. состав, структура, механические свойства, пластичность. Неметаллические материалы для листовой штамповки, особенности структуры и свойств, область применения. Пластмассы слоистой и гомогенной структуры.

Изменение свойств листового металла в процессе обработки и с течением времени. Линии течения и скольжения и факторы, влияющие на их появление, меры борьбы (дрессировка, многовалковая гибка). Коррозионное растрескивание. Деформационное и естественное (временное) старение. Текстура деформации. Фестонобразование. Штампуемость листового металла и методы ее оценки. Факторы, влияющие на штампуемость.

Способы испытания листовых материалов. Физико-химические исследования, механические испытания (на растяжение, твердость), технологические испытания (на срез, на перегиб, на вытяжные свойства). Влияние механических свойств на штампуемость.

### 2.8.3 Разделительные операции листовой штамповки.

Механизм деформирования, стадии деформирования. Схема действия сил. Эпюры напряжений и деформаций в очаге деформации. Характер поверхности среза – зона скругления, смятия, скалывания, блестящий пояс. Оптимальный зазор и факторы, влияющие на его величину. Влияние зазора на качество поверхности среза.

Резка листового материала на ножницах с параллельными и наклонными ножами, на дисковых ножницах. Геометрия инструмента. Качество отрезки. Усилие и работа деформации. Резка листового металла в штампах. Электрофизические способы отрезки.

### 2.8.4 Вырубка и пробивка.

Характеристика операций вырубки и пробивки, назначение, область применения. Стадии вырубки-пробивки. Форма режущей части матриц. Зазор между матрицей и пуансоном, его «направления» и влияние на величину упругих деформаций и качество среза. Определение исполнительных размеров матриц и пуансонов.

Энергосиловые параметры при вырубке и пробивке.

Усилие вырубки и пробивки. Усилие проталкивания и съема. Работа деформации.

Способы уменьшения усилия вырубки и пробивки. Применение скошенных режущих кромок матриц и пуансонов, вырубка контура по частям, вырубка-пробивка пуансонами разной длины. Точность и качество изделий при вырубке и пробивке.

Многопуансонная пробивка. Определение центра давления штампа. Минимальные размеры пробиваемых отверстий. Способы пробивки отверстий размерами меньше толщины заготовки. Вырубка-пробивка эластичными средами. Особенности вырубки и пробивки неметаллических материалов.

Чистовая вырубка и пробивка. Сущность процесса, его особенности и область применения. Способы чистовой вырубки и пробивки: с предвари-



тельным локальным сжатием заготовки, пуансоном большего размера, чем отверстие матрицы, с притуплением режущей кромки матрицы.

. Зачистка. Схемы процессов. Область применения. Величина припуска на зачистку. Зазоры при зачистке. Усилие зачистки. Влияние смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) на качество среза и стойкость инструмента.

#### 2.8.5 Раскрой листового материала.

Показатели эффективности раскроя. Определение коэффициентов раскроя и использования материала. Типы и виды раскроя листовых материалов, область их применения.

Выбор вида раскроя. Способы раскроя, их сущность и область применения. Определение ширины полосы. Виды потерь материала при раскрое. Оптимизация раскроя с помощью ЭВМ. Пути повышения эффективности раскроя.

#### 2.8.6 Формоизменяющие операции листовой штамповки.

Характеристика формоизменяющих операций. Основные положения теории листовой штамповки для формоизменяющих операций. Уравнения равновесия. Условия пластичности и уравнения связи между напряжениями и деформациями. Условие пластичности и соотношение между напряжениями и деформациями анизотропного листового металла.

#### 2.8.7 Гибка листового материала.

Характеристика гибочных операций. Напряженно-деформированное состояние металла при гибке. Зоны растяжения и сжатия. Зона немонотонной деформации. Схема напряжений и деформаций при гибке широких и узких полос моментом.

Поле напряжений и деформаций при изгибе моментом широких полос. Определение действующих напряжений и радиуса нейтральной поверхности напряжений.

Пластический изгиб анизотропного листового материала. Определение изгибающего момента при гибке.

Изгиб усилием. Определение усилия при V-образной и П-образной гибке. Работа деформации при гибке.

Упругое пружинение детали после гибки. Расчет величины угла пружинения. Учет угла пружинения детали при конструировании рабочих частей гибочного штампа.

Определение положения нейтрального слоя и минимально-допустимых радиусов гибки. Гибка с растяжением материала, область применения.

Определение размеров исходной заготовки при гибке. Конструирование элементов гибочных штампов: радиусов закруглений матриц и пуансонов, расчет исполнительных размеров пуансонов и матриц гибочных штампов. Зазоры между матрицей и пуансоном. Точность при гибке.

#### 2.8.8. Вытяжка листового материала.

Характеристика вытяжных операций. Основные группы деталей, получаемых вытяжкой. Область применения. Напряженно-деформированное состояние металла при вытяжке полых тел.

Расчет усилия и работы деформации при вытяжке. Напряжение и усилие при первой операции вытяжки без утонения материала с прижимом и без прижима.

Напряжения и усилие при последующих операциях вытяжки полых цилиндрических деталей без утонения в конической матрице и в матрице с радиусным заходом без прижима.

Напряжения и усилие при вытяжке полых деталей коробчатой формы без утонения. Определение давления прижима и затрачиваемой работы при вытяжке. Скорость вытяжки и зависимость ее от различных факторов.

Определение размеров исходной заготовки при вытяжке полых тел вращения. Метод равенства поверхностей. Метод равенства объемов. Метод равенства масс. Графо-аналитический и графический методы.

Определение размеров и формы заготовки при вытяжке квадратных, прямоугольных коробок и деталей сложной конфигурации.

Определение числа и последовательности операций при вытяжке. Коэффициент вытяжки и его зависимость от основных факторов. Определение числа и последовательности операций при вытяжке деталей без фланца. Многооперационная вытяжка глубоких цилиндрических деталей без применения промежуточных отжигов.

Вытяжка цилиндрических деталей с фланцем Многооперационная последовательная вытяжка деталей в ленте, область применения, формы надрезков. Определение числа и последовательности операций при вытяжке квадратных и прямоугольных коробок.

Вытяжка полых деталей сложной формы: ступенчатой, конической, сферической, параболической. Особенности вытяжки автокузовных деталей.

Вытяжка цилиндрических деталей с утонением стенок. Схема процесса. Напряженно-деформированное состояние. Определение размера заготовки, усилия деформации и числа операций. Зазор между матрицей и пуансоном.

Конструктивные элементы вытяжных штампов. Радиусы закругления рабочих кромок матриц и пуансонов. Зазоры между матрицей и пуансоном. Точность при вытяжке. Расчет исполнительных размеров вытяжных матриц и пуансонов. Особые способы вытяжки. Вытяжка жестким пуансоном в эластичной матрице. Вытяжка эластичным пуансоном в жесткой матрице. Вытяжка с подогревом фланца и местным охлаждением заготовки. Другие способы интенсификации процесса вытяжки. Смазка при вытяжке. Вытяжка деталей из пластмасс.

#### 2.8.9 Формовочные операции листовой штамповки.

Рельефная формовка листовых материалов. Отбортовка отверстий и наружных контуров. Обжим и раздача. Правка и чеканка. Сущность процессов и их силовые параметры.

#### 2.8.10 Проектирование технологических процессов листовой штамповки.

Технологичность листоштампованных деталей, получаемых с помощью разделительных, гибочных, вытяжных и формовочных операций.

Технологическая подготовка производства. Содержание и порядок проектирования маршрутной технологии. Элементы системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) листовой штамповки.

Выбор оборудования для листовой штамповки. Автоматизация технологической подготовки листоштамповочного производства.

Штампы для листовой штамповки.

Классификация и методика проектирования штампов. Классификация штампов по технологическому, конструктивному и эксплуатационному признакам, по числу одновременно выполняемых операций. Методика проектирования штампов. Компоновка деталей штампа.

Типовые детали и сборочные единицы штампов. Материалы и термообработка рабочих деталей и направляющих узлов штампов. Элементы расчета деталей штампов на прочность.

### **3. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

#### **3.1. По дисциплине «ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОПЛАВКИ СТАЛИ И ФЕРРОСПЛАВОВ»:**

3.1.1. Metallургические печи : учеб. пособие для вузов / В. А. Кривандин, Б.Л. Марков ; под общ. ред. В.А. Кривандина. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Metallургия, 1977. - 463 с. : ил.

3.1.2. Теория и технология производства стали: учебник для вузов / В.А. Кудрин. - Москва: Мир: АСТ, 2003. - 527с. : ил. - (Учебник для вузов).

3.1.3. Раскисление и вакуумная обработка стали : Основы и технология ковшовой металлургии / Г. Кньюпель; пер. с нем. Г.Н. Еланского. - Москва: Metallургия, 1984. - 414с.: ил.

3.1.4. Общая металлургия: учебник для вузов / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва: Metallургия, 2000. - 768с. : ил.

3.1.5. Внепечное вакуумирование стали / А.Н. Морозов и [др.]. - Москва: Metallургия, 1975. - 287с. : ил.

3.1.6. Машины и агрегаты металлургических заводов: в 3 т.: учебник для металлург. и машиностроит. спец. вузов. Т.1 : Машины и агрегаты доменных цехов / А. И. Целиков и др. - Москва: Metallургия, 1976. - 416с. : ил.

3.1.7. Основы теории металлургических процессов и технология плавки литейных сплавов: учебник / Л.И. Леви, Л.М. Мариенбах. - Москва: Машиностроение, 1970. - 496с.: ил.

#### **3.2. По дисциплине «ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЦЕХОВ»:**

3.2.1. Metallургические печи : учеб. пособие для вузов / В. А. Кривандин, Б.Л. Марков ; под общ. ред. В.А. Кривандина. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Metallургия, 1977. - 463 с. : ил.

3.2.2. Расчет мощности и параметров электроплавильных печей: учеб. пособие для вузов / А.В. Егоров. - Москва: МИСИС, 2000. - 272с. : ил.

3.3.3. Теплотехнические расчеты металлургических печей: учеб. пособие для вузов / под ред. А.С. Телегина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Metallургия, 1982. - 358 с. : ил.

3.3.4. **Металлургические печи: атлас: учеб. пособие для вузов / В.И. Миткалинский [и др.]. - Москва : Metallurgiya, 1987. - 384с. : ил.**

### **3.3. По дисциплине «ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА»**

3.3.1. Грудев А.П. Теория прокатки. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Интернет Инжиниринг, 2001. –280с.

3.3.2 Теория прокатки. Справочник/ Целиков А.И., Томленов А.Д., Зюзин В.И., Третьяков А.В. Никитин Г.С. - М.: Metallurgiya, 1982. - 335с.

3.3.3 Шефтель Н. И. Технология производства проката: учеб. пособие для студентов вузов / Н. И. Шефтель. - Москва: Metallurgiya, 1976. - 576 с.

3.3.4 Диомидов Б. Б. Технология прокатного производства: учеб. пособие для вузов / Б. Б. Диомидов. - Москва: Metallurgiya, 1979. - 488 с.

3.3.5 Прокатное производство : учебник для вузов по спец. "Обработка металлов давлением" / П. И. Полухин [и др.]. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Metallurgiya, 1982. - 696с.

3.3.6 Чекмарев А. П. Калибровка прокатных валков: учебное пособие для вузов / А. П. Чекмарев, М. С. Мутьев, Р. А. Машковцев. - Москва: Metallurgiya, 1971. - 512 с.

3.3.7 Зотов В. Ф. Производство проката / В. Ф. Зотов. - Москва: Интернет Инжиниринг, 2000. - 352с.

3.3.8 Технология прокатного производства: справочник. В 2 кн. Кн. 1 / [М. А. Беньковский и др.]; под ред. В. И. Зюзина, А. В. Третьякова. - Москва: Metallurgiya, 1991. - 438 с.

3.3.9 Технология прокатного производства: справочник. В 2 кн. Кн. 2 / под ред. В. И. Зюзина, А. В. Третьякова. - Москва: Metallurgiya, 1991. - 862 с.

3.3.10 Бровман М. Я. Энергосиловые параметры и усовершенствование технологии прокатки / М. Я. Бровман. - Москва: Metallurgiya, 1995. - 256с.

3.3.11 Теоретические и технологические основы высокоскоростной прокатки катанки / А. А. Горбанев и др. - Минск: Высшая школа, 2003. - 287с.

3.3.12 Жучков С.М. Процесс прокатки-разделения с использованием приводных делительных устройств /С.М. Жучков, А.П. Лохматов, Н.В. Андрианов, В.А. Маточкин.- Рыбинск: Рыбинский Дом печати, 2007.-285 с.

3.3.13 Протасов А. А.Сборник задач по технологии горячей и холодной прокатки стали и сплавов: учеб. пособие для вузов / А. А. Протасов. - Москва: Metallurgiya, 1972. - 320с.: ил. - Библиогр.: с. 318-320.

### **3.4. По дисциплине «ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОЛОЧИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА»**

3.4.1 Горловский М. Б. Справочник волочильщика проволоки: справочник / М. Б. Горловский, В. Н. Меркачев. - Москва : Metallurgiya, 1993. - 335с. : ил. - Библиогр. : с.330. - ISBN 5-229-01-01001-0.

3.4.2 Обработка металлов давлением / Ю. Ф. Шевакин [и др.]. - Москва : Интернет Инжиниринг, 2005. - 492с. : ил. - Библиогр.: с.489-492. - ISBN 5-89594-109-5.

3.4.3 Смирнов В.С. Теория обработки металлов давлением : учебник для ст-ов ву-зов по спец. "Обработка металлов давлением" / В. С. Смирнов. - Москва : Металлургия, 1973. - 496с. : ил. - Библиогр. в конце глав.

3.4.4 Громов Н.П Теория обработки металлов давлением : учебник для ст-ов ву-зов по спец. "Обработка металлов давлением" / Н. П. Громов. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Металлургия, 1978. - 360 с.

### **3.5. По дисциплине «ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА»**

3.5.1 Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства: учебник / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, Н.В. Андрианов. В 2 ч. - Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2011. - 795 с.

3.5.2 Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, В.Н. Эктова. - Минск: Дизайн ПРО, 2000. - 416 с.

3.5.3 Технология литейного производства. Формовочные материалы и сме-си: учеб. Пособие для ВУЗов/Д.М. Кукуй, Н.В. Андрианов. – Минск: БНТУ, 2005. -390 с.

3.5.4. Степанов, Ю.А. Формовочные материалы / Ю.А. Степанов, В.И. Семейнов. - М.: Машгиз, 1969.-158с.

### **3.6. По дисциплине «СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ЛИТЬЯ»**

3.6.1 Степанов Ю. А. Технология литейного производства. Специальные виды литья: учебник для вузов / Ю. А. Степанов, Г. Ф. Баландин, В. А. Рыбкин. - Москва: Машиностроение, 1983. - 287 с.: ил. - Библиогр.: с. 284.

3.6.2 Специальные виды литья: учеб. пособие для вузов /Ю. А. Степанов и др.; под ред. Г. Ф. Баландина, Л. С. Константинова. - Москва: Машиностроение, 1970. - 224 с.: ил.

3.6.3. Специальные способы литья: справочник /под общ. ред. В. А. Ефимова. - Москва: Машиностроение, 1991. - 734 с.: ил. - (Технология литейн. пр-ва). - Библиогр.: с. 728.

### **3.7. По дисциплине «ТЕХНОЛОГИЯ КОВКИ И ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ»**

3.7.1.Брюханов, А.Н.Ковка и объемная штамповка. учебное пособие для машиностроительных вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1975.- 408 с.

3.7.2.Охрименко, Я.М.Технология кузнечно-штамповочного производства. Учебник для вузов. Изд.2-е, перераб. и доп.-М.:Машиностроение,1976.- 560 с.

3.7.3.Семенов Е.И. Ковка и объемная штамповка. Учебник для вузов.- М.: Высшая школа, 1972.-352 с.

3.7.4. Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология холодной штамповки. Учебник для вузов.- М.: Машиностроение, 1989.- 304 с.

### **3.8. По дисциплине «ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ»**

3.8.1.Зубцов М.Е. Листовая штамповка: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машины и технология обработки металлов давлением».- 3-е изд., перераб. и доп.--Л.: Машиностроение, Ленинградское отд.,1980.-432 с.

3.8.2. Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология холодной штамповки: Учебник для вузов.- М.: Машиностроение,1989.-304 с.

3.8.3. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. - М.: Машиностроение, 1977.-278 с.