

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра машиностроения и транспорта



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

*Е.И. Луковникова* Е.И.Луковникова

«29» мая 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ  
ДАВЛЕНИЕМ**

**Б1.В.ДВ.05.02**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ  
Технология машиностроения**

Программа прикладного бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств от 11 августа 2016 г № 1000 и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» от 03.02.2020 г. № 46 для очной формы обучения для набора 2020 года

<b>СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ</b>		<b>Стр.</b>
<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>		3
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>		3
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>		4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....		4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....		4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>		5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....		5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....		5
4.3 Лабораторные работы.....		24
4.4 Практические занятия.....		24
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....		24
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>		25
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>		26
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>		26
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>		26
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>		27
9.1 Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных и практических работ.....		27
9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта (курсовой работы), контрольной работы, РГР, реферата .....		31
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>		31
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>		31
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>		32
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>		34
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>		35
<b>Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....</b>		36

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является – формирование у обучающихся фундаментальных знаний в области современных технологий изготовления деталей методами обработки давлением.

Задачами изучения дисциплины является:

- теоретическое и практическое освоение основных закономерностей, действующих в процессе изготовления машиностроительной продукции;
- изучение основных технологических процессов получения заготовок и деталей методом пластического деформирования.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-16	способность осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов для их реализации.	<b>знать:</b> – технологии, системы и средства обработки металлов давлением; <b>уметь:</b> – рассчитывать параметры технологических процессов обработки металлов давлением; <b>владеть:</b> – навыками изготовления деталей методом пластического деформирования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.02 Технологические процессы обработки металлов давлением является дисциплиной по выбору вариативной части.

Дисциплина «Технологические процессы обработки металлов давлением» базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как:

- «Процессы и операции формообразования»;
- «Технологические процессы в машиностроении»;
- «Материаловедение».

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, «Технологические процессы обработки металлов давлением» представляет основу для изучения дисциплин:

- «Основы технологии машиностроения»
- «Физические методы исследования металлов и сплавов»;
- «Основы электрофизических и электрохимических процессов обработки»;
- «Технология машиностроения».

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоёмкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
<b>Очная</b>	3	6	180	85	34	34	17	68	-	ЭКЗАМЕН
<b>Заочная</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Заочная (ускоренное обучение)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Очно-заочная</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоёмкости

Вид учебных занятий	Трудоёмкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			6
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	<b>85</b>	<b>34</b>	<b>85</b>
Лекции (Лк)	34	34	34
Лабораторные работы (ЛР)	34	-	34
Практические занятия (ПЗ)	17	-	17
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	<b>68</b>	<b>-</b>	<b>68</b>
Подготовка к лабораторным работам	34	-	34
Подготовка к практическим занятиям	17	-	17
Подготовка к экзамену в течение семестра	17	-	17
<b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>	<b>27</b>	<b>-</b>	<b>27</b>
Общая трудоёмкость дисциплины ..... час.	<b>180</b>	<b>-</b>	<b>180</b>
зач. ед.	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>5</b>





Таблица 1

Метод обработки	Объемы, %
Автомобилестроение	25–50
Тракторо- и сельхозмашиностроение	7–35
Железнодорожный транспорт	1–9
Горнодобывающая промышленность	2–3,5
Прочие отрасли машиностроения	23–45

Таблица 2

Метод обработки	КИМ, %
Свободная ковка	37
Горячая объемная штамповка	53
Холодная объемная штамповка	82
Холодная листовая штамповка	75
Холодная прокатка	85
Прессование	78
Для всей ОМД	52

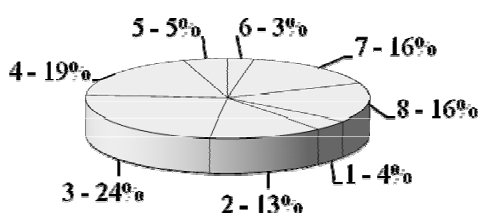


Рис. 2. Отраслевая структура потребления алюминиевых полуфабрикатов (без учета литейной продукции) на внутреннем рынке: 1 – производство бытовых товаров; 2 – строительная промышленность; 3 – производство тары и упаковок; 4 – авиационная промышленность; 5 – автомобильная промышленность; 6 – топливно-энергетический комплекс; 7 – машиностроительный комплекс; 8 – прочее потребление

В настоящее время особо бурное развитие получило производство алюминиевых полуфабрикатов. На рис. 2 показана структура рынка алюминиевых полуфабрикатов в 2001 г. Основными потребляющими отраслями являлись машиностроение, строительная промышленность и производство тары и упаковок. При этом доля потребления алюминия на внутреннем рынке составила 240 тыс. т, а экспорт – 190 тыс. т. В настоящий момент основными потребителями алюминиевых полуфабрикатов являются три региона мира: Северная Америка, Европа и Азия.

Потребление в этих регионах соответственно составило: в США – 25 кг на душу населения, в Европе – 18,3 кг (в т.ч. в Германии – 24 кг, в Италии – 19 кг, в Японии – 17,5 кг, Россия – 2,5 кг). Виды производства, ведущие предприятия и структура поставок полуфабрикатов из алюминия и его сплавов на внутренний рынок в 2001 г. представлены в табл. 3.

Таблица 3

Структура поставок алюминиевых полуфабрикатов в 2001 г., т

Предприятие	Листо-прокатное производство	Кузнечно-штамповочное производство	Литье	Прочее	Всего
Самарский металлургический завод	41163	12490	14587		68240
Бело-Калитвинское металлургическое производственное объединение	15581	4584	2640	488	23252
Красноярский металлургический завод	1352	6393	43047	520	51311
Каменск-Уральский металлургический завод	22858	8254	308	2358	33778
Ступинский металлургический комбинат	12025	10471			22496
Верхне-Салдинское металлургическое производственное объединение		2646	229		2875
ВИЛС	76	366	3208	45	3696
Импорт	22928	10984			33912
Всего	115983	56188	64019	3371	239560

Потребление продукции листопрокатных и кузнечно-штамповочных производств на внутреннем рынке в 2001 г. составило 172 тыс. т, увеличившись на 17 % по сравнению с прошлым годом. Этот рост достигнут в основном за счет продукции строительного сектора, а также тары и упаковок, потребление которой повысилось, соответственно, на 8,3 % и 17,4 %, а импорт вырос почти в два раза. В то же время объемы производства стандартной прессовой продукции по-прежнему остаются на уровне 45 тыс. т, при этом увеличился импорт профилей архитектурно-строительного назначения.

Анализируя тенденции развития производства алюминиевых полуфабрикатов, можно отметить, что сокращается доля внутреннего рынка в общем мировом объеме производства и продаж, что, в частности, обусловлено высокой себестоимостью продукции.

Процессы металлообработки, и в частности ОМД, будут развиваться в направлении создания экономически более выгодных методов обработки, каковыми в первую очередь являются комбинированные и совмещенные процессы. При этом сокращение металлургических переделов связано с организацией непрерывных технологических схем производства. Это приведет к значительному снижению трудоемкости и энергоемкости процессов, к снижению отходов и увеличению выхода годного металла.

В качестве исходного материала в обработке металлов давлением применяются стали всех марок, алюминиевые, магниевые, титановые сплавы, а

также сплавы на основе меди и никеля в виде слитков, прутков, различных сортовых профилей и т. д. Дляковки, например, используют спокойную сталь, раскисляемую полностью до заливки. Кипящая сталь менее пригодна

дляковки, т. к. в слитках из нее трудно обеспечить полную заварку пустот и пузырей в процессе деформации. После прокатки эту сталь используют для штамповки.

Для обеспечения необходимых пластических свойств металлы и сплавы деформируются как в холодном, так и (преимущественно) в горячем состоянии.

Стали, сплавы железа с углеродом (до 2,14 %) используются практически во всех отраслях промышленности, машиностроении, металлургии, строительстве, автомобилестроении и т.п. В зависимости от химического состава сталь бывает углеродистая (Ст3, 08 кп) и легированная (3Х2В8Ф, 5ХНМ); от назначения – конструкционная и инструментальная; от способа получения – маргеновская, бессемеровская, томасовская; от способа раскисления – спокойная, полуспокойная и кипящая. Углеродистые стали подразделяют на низкоуглеродистые (до 0,25 % углерода), среднеуглеродистые (0,25–0,60 %) и высокоуглеродистые (свыше 0,6). Низко- и среднеуглеродистые стали являются конструкционными, а высокоуглеродистые – инструментальными. Они имеют большой запас пластичности и могут деформироваться со степенями деформации до 80 %. Стали высокоуглеродистые и высоколегированные допускают деформацию за один цикл обработки не более 60 %, поэтому их относят к материалам средней пластичности.

Для алюминиевых сплавов характерен малый удельный вес и высокие прочностные свойства. Их подразделяют на мягкие сплавы (АМц, АД31, АМг), сплавы средней твердости (Д1, Д16, АК1) и высокой прочности (АК8, В95). Кроме того, различают термически прочные и термически неупрочняемые сплавы. Алюминиевые сплавы обладают высокой пластичностью, что дает возможность прессованием на горизонтальных гидравлических прессах получать самые разнообразные профили очень сложных конфигураций и различных сечений. Такие свойства алюминиевых сплавов, как низкая плотность, высокая коррозионная стойкость, сравнительно высокие механические свойства, позволяют применять изделия из них в различных деталях машин, автомобилестроении, в строительных конструкциях и архитектурных сооружениях. Основными потребителями сплошных и полых профилей из алюминиевых сплавов является авиационная промышленность, судостроение, холодильная техника, электротехническая промышленность, радиолокация. В последние годы сортамент полых профилей из алюминиевых сплавов значительно увеличился благодаря их использованию в строительстве для изготовления отделочных и конструктивных строительных деталей (детали оконных витражей, перегородок, подвесных потолков, рам, внутренних карнизов, встроенной мебели и др.).

Медь и сплавы на ее основе широко используются во многих отраслях промышленности: электротехнической, строительной, теплоэнергетической. Медь обладает хорошей пластичностью, поэтому из нее изготавливают детали практически всеми способами ОМД. Выделяют две группы сплавов – бронзы и латуни. Латуни (сплавы меди с цинком), обрабатываемые давлением, подразделяются более чем на 8 марок. Для горячей обработки металлов давлением широко применяют латуни марок Л62 и Л68. Бронзы (сплавы меди с оловом, алюминием, марганцем, кремнием, бериллием и другими элементами, кроме цинка) подразделяют на 10 марок. Безоловянистые бронзы характеризуются хорошими антифрикционными и антикоррозионными свойствами, могут работать в соленой воде, масле, паре. Магниево-алюминиевые сплавы (МА2, МА5, ВМ 65-1) относятся к легким сплавам и обладают склонностью к повышенной коррозии, вследствие чего имеют ограниченное применение в машиностроении. В основном, их используют в авиационной промышленности в качестве конструктивных материалов. Область применения – ракетно-самолетостроение, автомобилестроение, электротехническая промышленность.

Титановые сплавы (ВТ1-1) обладают наибольшей удельной прочностью, высокой антикоррозионной стойкостью и жаропрочностью. Находят применение в авиационной промышленности, химическом и транспортном машиностроении, их используют для изготовления поковок для ракет, самолетов (турбинные лопатки), обшивки для подводных лодок, кислотоупорных деталей.

Кроме перечисленных в различных отраслях народного хозяйства широко используются и другие металлы и сплавы. Например, для производства

ювелирных изделий применяют такие известные металлы, как золото, платина, палладий, серебро и сплавы на их основе. Для электротехнической промышленности используют сплавы тугоплавких металлов, таких как вольфрам, молибден и др. Кроме того, в качестве декоративных сплавов используются медноникелевые сплавы такие, например, как мельхиор (МН19), нейзильбер (НМЖМц26-2,5-1,5) и др.

В качестве перспектив развития металлообработки методами ОМД выделим следующие:

1. Всесторонняя механизация и автоматизация процессов обработки металлов давлением.
2. Создание новых непрерывных процессов совмещенной обработки черных и цветных металлов и их сплавов.
3. Увеличение мощностей производственного оборудования и их производительности.
4. Реализация малоотходных и безотходных технологий производства изделий методами ОМД.
5. Применение современных программных средств для проектирования и управления технологическими процессами ОМД.
6. Разработка новых материалов, видов оборудования и технологий для обработки труднодеформируемых и малопластичных сплавов.
7. Разработка систем автоматизированного проектирования (САПР) технологии и инструмента для процессов ОМД.

## Раздел 2. Основы технологических процессов прокатки, прессования и волочения

### Тема 2.1. Прокатное производство (Дискуссия 4 ч.)

Прокатное производство – это комплекс взаимосвязанных технологических переделов, определяющих качество прокатной продукции и технико-экономические показатели прокатного цеха. Развитие прокатного производства базируется на использовании нового, более совершенного нагревательного, прокатного и отделочного оборудования, характеризующегося поточностью ряда технологических процессов и операций, более высокими скоростями и интенсивным режимом работы. Решающим направлением технического прогресса в прокатном производстве является комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, расширение сортамента продукции, повышение ее качества и экономии металла.

Выделяют производство проката из черных и цветных металлов, причем производство проката из сталей занимает преобладающее положение. При производстве проката из цветных металлов и сплавов большую долю в объеме занимает листопрокатное производство.

Прокатка металлов является таким видом пластической обработки, когда исходная заготовка обжимается вращающимися вальками прокатного стана в целях уменьшения поперечного сечения заготовки и придания ей заданной формы. Существует три основных способа прокатки (рис. 3): продольная (рис. 3, а), поперечная (рис. 3, б) и поперечно-винтовая (или косая) (рис. 3, в).

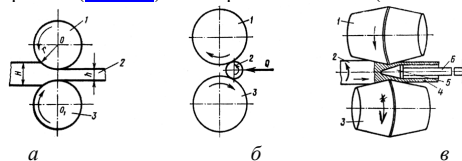


Рис. 3. Схемы прокатки: а – продольная; б – поперечная; в – поперечно-винтовая: 1 – правый валок; 2 – заготовка; 3 – левый валок; 4 – гильза; 5 – оправка; 6 – штанга (стержень)

При продольной прокатке деформирование заготовки 2 осуществляется между вращающимися в разные стороны вальками 1 и 3. Из простейшей схемы поперечной прокатки видно, что оси прокатных валков 1 и 3 и обрабатываемой заготовки 2 параллельны (или пересекаются под небольшим углом). Оба валька вращаются в одном направлении, а заготовка круглого сечения – в противоположном.

В процессе поперечной прокатки обрабатываемая заготовка удерживается в валках с помощью специального приспособления. Обжатие заготовки по диаметру и придание ей требуемой формы сечения обеспечиваются соответствующей профилировкой валков и изменением расстояния между ними. Данным способом производят изделия, представляющие собой тела вращения (шары, оси, шестерни и пр.).

Поперечно-винтовая, или косая прокатка, выполняется во вращающихся в одном направлении валках, установленных в прокатной клети под некоторым углом друг к другу (рис. 3). Станы косой прокатки используют при производстве труб, главным образом, для прошивки слитка или заготовки в гильзу. В момент соприкосновения металла с вращающимися валками, имеющими наклон к оси обрабатываемой заготовки, возникают силы, направленные вдоль оси заготовки, и силы, направленные по касательной к ее поперечному сечению. Совместное действие этих сил обеспечивает вращение, втягивание обрабатываемой заготовки в суживающую щель и деформирование.

Различают листовую и сортовую прокатку. При сортовой прокатке на бочке валков имеются ручьи, образующие при составлении двух и более валков калибр по форме и размерам получаемого полуфабриката. При листовой прокатке применяется гладкая бочка валков.

Наиболее распространенной является прокатка на станах «Дуо» и «Трио», клети которых содержат, соответственно, два и три рабочих валка. Для производства тонколистового проката и фольги используется многовалковая прокатка. В этом случае прокатка осуществляется в клетях с четырьмя (Кварто), шестью, двенадцатью и двадцатью валками. Универсальные клети содержат, как правило, два вертикальных и два горизонтальных валка, образующих закрытый калибр по форме и размерам готового проката.

**Продукция прокатного производства.** Продукция прокатного производства имеет очень широкое применение во всех отраслях народного хозяйства. Она используется в виде заготовок различного профиля для изготовления деталей машин, станков, тракторов, автомобилей, паровозов, вагонов, железнодорожных путей; для строительства зданий, мостов и других сооружений. Указанные машины и сооружения изготавливаются из прокатных черных и цветных металлов и их сплавов.

**Сортамент прокатных профилей.** Профилем проката называется форма его поперечного сечения, сортаментом – совокупность профилей с различными размерами, получаемых прокаткой на одном стане или на группе станов. Сортамент прокатываемых профилей весьма разнообразен. Его разделяют на пять основных групп: 1) сортовой прокат; 2) листовой прокат; 3) трубы; 4) специальные виды проката (колеса, бандажи, кольца и др.); 5) периферийный прокат.

Профиль сортового металла разделяют на две группы: простой геометрической формы (квадратная, круглая и полосовая сталь) и сложной – фасонной формы (двутавровые балки, швеллеры, зетовая сталь, рельсы и др.).

Листовой прокат (сталь) разделяют на толстолистовую сталь (толщиной более 4 мм), тонколистовую (толщиной менее 4 мм) и широкополосную, или универсальную сталь. Листы толщиной от 3 до 8 мм часто называют листами средней толщины. Толстолистовая сталь имеет ширину от 600 до 5000 мм при толщине от 4 до 160 мм и длине от 4 до 12 м. Броневые плиты имеют ширину до 4500 мм и толщину до 550 мм.

Тонколистовая сталь имеет ширину от 500 до 2500 мм, толщину от 0,20 до 3,75 мм и длину от 700 до 4000 мм. Листы (лента) толщиной меньше 0,20 мм несут название фольги. Листы должны быть с обрезанными кромками. Электротехническая и трансформаторная стали имеют ширину 750 и 1000 мм и толщину от 0,35 до 1,0 мм.

Широкополосная, или универсальная сталь, имеет ширину от 200 до 1500 мм при толщине от 4 до 60 мм.

Тонкие стальные ленты изготавливаются шириной от 20 до 2500 мм и длиной до 300 м в зависимости от толщины.

Трубы стальные подразделяются на две группы: бесшовные с диаметром от 25 до 600 мм и сварные – встык, внакладку и холоднопрофилированные – с диаметром от 10 до 1400 мм.

Периодический прокат представляет собой заготовку, поперечное сечение которой не остается одинаковым по форме и площади, а периодически изменяется.

Цветные металлы и их сплавы прокатываются преимущественно на простые профили – квадратный, круглый, полосовой (прямоугольный) в виде листов и лент различных размеров: по толщине от 0,2 до 25–30 мм, по ширине – листы до 3000 мм, ленты до 600 мм (и больше); по длине – листы до 6 м, ленты до 300 м и больше в зависимости от толщины.

В качестве технологических характеристик прокатки используют такие показатели, как производительность и скорость прокатки, степень деформации (обжатия) за один проход и вытяжка. В общем случае основным показателем степени деформации при прокатке является вытяжка, которая определяется как отношение площади поперечного сечения заготовки  $F_0$  к площади поперечного сечения готового изделия  $F_1$ . В частном случае, например при листовой прокатке без уширения, вытяжку определяют как отношение длин заготов-

ки и изделия. Величину  $\Delta H = H_0 - H_1$  называют абсолютным обжатием, а величину  $\epsilon = \frac{\Delta H}{H_0} \cdot 100\%$  относительной степенью об-

жатия (здесь  $H_0$  и  $H_1$  – соответственно, высота полуфабриката до и после деформации).

Производство листового проката (листов, лент) осуществляется методами горячей (толстолистовой материал) и холодной прокатки (тонколистовой материал, фольга). Горячую прокатку ведут на двух-, трех- или четырехвалковых станах листовой прокатки. Наиболее современным оборудованием являются непрерывные широкополосные станы. Исходным материалом являются слэбы массой от 7,5 до 45 т, нагреваемые в методических печах. Холодную прокатку стали с минимальной толщиной 0,15 мм ведут на четырехшестиклетевых непрерывных станах или на станах «Кварто», оснащенных металлами (для рулонной прокатки). Для производства алюминиевой фольги применяют непрерывнолитую заготовку, которую прокатывают с толщины 6 мм на станах «Кварто» до микронных размеров.

Для производства листового и сортового проката в прокатных цехах устанавливают станы различного типа и назначения. Условно выделяют несколько групп.

1. Заготовочные станы: блюминги, слябинги, непрерывные заготовочные станы. Блюминги и слябинги – это крупные обжимные станы с диаметром валков 850–1500 мм, в которых прокатку ведут за 11–15 проходов в реверсивном режиме. Как правило, это одноклетевые станы для производства заготовок больших размеров в виде прямоугольной заготовки (сляба) и квадратной заготовки (блюма). Непрерывные заготовочные станы устанавливаются непосредственно за блюмингом (слябингом) и имеют обычно две непрерывные группы по шесть клетей в каждой.

2. Станы для производства готового проката: сортовые, листовые, трубные и специальные. К сортовым станам относят крупносортовые, рельсобалочные, средне- и мелкосортные. К листовым станам относят станы для прокатки толстолистовой и тонколистовой (рулонной) прокатки. К трубным станам относят прошивные, раскатные станы и станы холодной прокатки труб (ХПП), а также станы для получения сварных труб. К специальным станам относят станы для прокатки периодических, гнутых профилей, шаропрокатные, колесопрокатные и другие станы.

За основной параметр у сортопрокатных станов принимают диаметр рабочих валков. Например, обозначение стан «Кварто 400» означает, что стан имеет 4 валка, из которых 2 опорных и 2 рабочих диаметром 400 мм. У листовых станов за основной параметр принята длина бочки валков, поэтому обозначение «стан 2000» означает, что у данного стана длина бочки валков составляет 2000 мм.

По расположению рабочих клетей выделяют следующие виды прокатных станов: одноклетевые, линейные, многоклетевые, последовательные, полунепрерывные и непрерывные.

**Калибровкой валков** называют последовательность калибров, расположенных на валках прокатного стана и обеспечивающих получение профиля заданных размеров. В каждом калибре в зависимости от типа стана металл прокатывают за один или несколько проходов, в результате чего заготовка превращается в раскат требуемого сечения. В понятие калибровки включают также определение формы и размеров калибров и размещение их на валках прокатного стана (т. е. процесс проектирования калибровки валков).

Калибры подразделяются на двухвалковые и многовалковые, причем некоторые калибры одинаковой формы могут быть образованы двумя и более валками. В практике прокатного производства нашли применение двухвалковые, трехвалковые и четырехвалковые калиб-



ры (рис. 4).

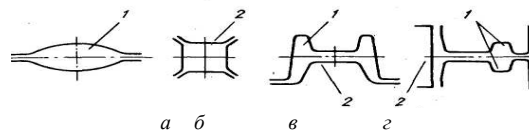


Рис. 4. Калибры, образованные ручьями в виде: а – вырезов 1; б – выступов 2; в – выреза 1 и выступа 2; г – вырезов 1 и выступа 2

Калибры классифицируются по форме, расположению на валках и назначению. По форме калибры подразделяют на две основные группы: простой формы (ящичные или прямоугольные, ромбические, шестиугольные, овальные, круглые, квадратные, шестигранные) и фасонные (балочные, швеллерные, уголкового, рельсовые, тавровые и др.).

По расположению в валках различают калибры открытые, закрытые, полузакрытые и диагональные. У открытых калибров горизонтальный зазор

между буртами валков располагается приблизительно посередине высоты калибра, у закрытых – за пределами калибра, у полузакрытых – ближе к основанию или вершине калибра, у диагональных зазоры между буртами располагаются по диагонали (например, у левого бурта в нижней, а у правого – в верхней части калибра).

По назначению калибры подразделяют на обжимные, черновые, предчистовые и чистовые. Обжимные калибры предназначены для уменьшения площади поперечного сечения исходного слитка, бляма или заготовки с целью получения заготовки, из которой в дальнейшем будет формироваться требуемый профиль. В качестве обжимных обычно используют ящичные калибры. Эти калибры применяют при прокатке на блюмингах и заготовочных станах, а также в первых проходах на сортовых станах. Черновые калибры предназначены для постепенного формирования прокатываемого фасонного профиля (например, двутавровой балки, швеллера и т. д.). На сортовых станах черновые калибры располагаются после обжимных калибров. При прокатке простых сортовых профилей (круг, квадрат, шестигранник) к черновым относят калибры простой формы, в которых производится дальнейшее уменьшение площади поперечного сечения раската, причем эти калибры располагаются в такой последовательности, чтобы обеспечить максимальную вытяжку, т. е. используются как вытяжные. Черновые калибры применяются в черновых и промежуточных группах клетей стана (рис. 5).

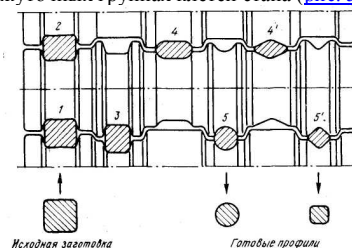


Рис. 5. Калибровка трехвалковой рабочей клетки

Металлургический завод с полным металлургическим циклом, производящий металл в том или другом виде из исходных материалов, включает в свой состав следующие цехи, которые обеспечивают производство и обработку различных видов изделий: доменные (производство чугуна); мартеновские, конвертерные, электросталеплавильные (производство стали и других металлов); цехи горячей прокатки (горячекатаный прокат и трубы); цехи холодной прокатки (производство холоднокатаных листов, лент и труб, отличающихся высокой точностью размеров по толщине, высокой степенью отделки поверхности, а также дополнительными физико-механическими характеристиками); калибровочные цехи (производство калиброванного металла в прутках и бунтах с высоким качеством поверхности и высокими допусками по размерам); цехи антикоррозионных и других видов покрытий (лужение, оцинкование, алюминирование, хромирование и др.); цехи гнутых профилей (получение тонкостенных гнутых профилей широкого сортамента из листового проката); термические цехи и различные виды отделки металла. Поэтому доменные, сталеплавильные, прокатные и другие цехи при производстве металлов являются основными, ведущими цехами металлургического завода.

Если включить еще получение кокса, что обычно имеет место на металлургическом заводе полного цикла, то такое сочетание цехов является наиболее рациональным с точки зрения использования отходящих газов доменных и коксовых печей, теплоты жидкого чугуна при передаче его из доменного в сталеплавильные цехи и теплоты горячих слитков при передаче их из сталеплавильных в прокатные цехи и на отделку.

Длительное время получение готового проката выполнялось по технологической схеме слиток – готовый прокат (рис. 6). В этих условиях получить слиток небольшой массы и выбирался он с таким расчетом, чтобы из него можно было получить необходимое изделие всего за один нагрев. Однако по мере развития машиностроения и металлургии, главным образом высокопроизводительных способов получения стали, возникла необходимость разлить сталь в слитки значительной массы – 6, –10 т и более. Получение готового проката из такого слитка за один нагрев не всегда представляется возможным. По этой причине начали строить обжимные станы, задача которых состояла в обработке слитка в заготовку. Данное обстоятельство привело к новой технологической схеме: слиток – полупродукт (заготовка) – готовый прокат.

Поэтому прокатные цехи, как правило, имеют в своем составе обжимные (блюминги, слябинги) и заготовочные станы, являющиеся основными агрегатами, связывающими сталеплавильные цехи и прокатные станы, выпускающие готовый прокат; сортовые станы (рельсобалочные, крупно-, средне-, мелкосортные и провололочные); листопрокатные станы; трубные станы и др.

Наряду с такой широко распространенной технологической схемой наблюдается переход к схеме литая заготовка – готовый прокат (рис. 7). Этому способствует успешное освоение разлива стали в заготовки квадратного и прямоугольного сечений, что имело распространение лишь в цветной металлургии. Непрерывное литье стальных заготовок длительное время не применялось из-за значительных трудностей выполнения технологического процесса самой разливки. Однако этот процесс обеспечивает получение химически более однородной плотной заготовки, что резко повышает выход годного. Например, на слябах спокойной углеродистой стали выход годного выше на 20 %, чем при разливке в изложницы. Вместе с тем исключается необходимость иметь отделение подготовки изложниц и поддонов.

Применение непрерывной разливки стали снижает себестоимость металлургического передела, так как при этом устраняется необходимость в дорогостоящем оборудовании обжимных цехов, исключаются расходы на содержание обслуживающего и административного персонала. Установлено, что себестоимость проката в этих условиях снижается на 8–10 % при улучшении во многих случаях механических свойств и других характеристик стали. Кроме того, непрерывная разлива существенно меняет условия работы в сталеплавильных цехах, позволяет механизировать и автоматизировать все металлургическое производство: получение чугуна, стали, готового проката. Поэтому непрерывная разлива получает значительное развитие во всех странах.

Для производства труб и специальных профилей применяют подобные технологические схемы, отличие заключается в стадии получения заготовки и особенностей процесса формоизменения. Так, при производстве бесшовных труб горячей прокаткой применяют прошивку заготовки в гильзу и раскатку гильзы в трубу с помощью метода поперечно-винтовой прокатки (см. рис. 3). Для холодной прокатки бесшовных труб применяют станы ХПТ с периодическим режимом работы клетки, когда клеть с валками перемещается, а заготовка обжимается валками с переменным радиусом.

В данных схемах прокатки труб в качестве инструмента применяют конические оправки. При производстве сварных труб используют прокатку ленты (штрипса) в формовочно-сварочном стане, где в клетях с чередующимися горизонтальными и вертикальными валками полоса постепенно сворачивается и сваривается по длине. Специальные виды проката, к которым относятся шары, оси, периодические

профили и др., получают на станах поперечно-винтовой прокатки, имеющих различное число, форму и расположение рабочих валков.

### Тема 2.2. Прессовое производство (Дискуссия 4 ч.)

Прессованием называют выдавливание металла из замкнутого объема через отверстие. Широко используют прессование для получения прутков, труб и профилей из алюминиевых и медных сплавов, сталей, титана и других тугоплавких металлов. В качестве разновидностей прессования можно выделить дискретное (прерывное), полунепрерывное и непрерывное прессование.

Сортамент пресс-изделий следующий: прутки диаметром 50–400 мм, трубы диаметром 20–400 мм с толщиной стенки более 1 мм, фасонные профили с площадью поперечного сечения до 500 см<sup>2</sup>, которые невозможно получить другими способами обработки давлением. Из плоского контейнера прессуют ребристые панели шириной до 1 м, из круглого – до 2,5 м. Изделия могут иметь утолщения на концах («законцовки») или плавно изменяющиеся размеры поперечного сечения. Наиболее разнообразны пресс-изделия из алюминия и его сплавов. Промышленный сортамент прессованных профилей из алюминиевых сплавов в настоящее время включает десятки тысяч типов-размеров. Однако, несмотря на столь широкий сортамент, профили по геометрической форме могут быть подразделены на четыре группы: профили сплошного сечения; профили переменного сечения; пустотелые (полюе) профили; проволока; панели.

Наибольшее применение в производстве при этом нашли прутки, профили сплошного сечения, проволока и катанка (табл. 4).

Наиболее распространенной является схема прямого дискретного прессования на горизонтальных гидравлических прессах, которая протекает циклически. Данная схема характеризуется тем, что направление течения металла совпадает с направлением перемещения пресс-штемпеля. При обратном прессовании истечение металла происходит в направлении, противоположном движению пресс-штемпеля. Часто при прессовании алюминиевых профилей используется многоканальное прессование.

При реализации процесса прессования (рис. 8) на прутково-профильном прессе с подвижным контейнером заготовку 3 с пресс-шайбой 2 подают на ось контейнера 4 и движением вперед пресс-штемпеля 1 вводят в контейнер с передней стороны. Выходная сторона контейнера замкнута матрицей 5 (рис. 8, а, позиция I). После ввода слитка в контейнер до упора осуществляют его распрессовку, непосредственным давлением которой является прессование (выдавливание) изделия 7 (рис. 8, а, позиция II). По окончании выдавливания контейнер отводят назад. При этом пресс-остаток 9 с пресс-шайбой 2 остаются висеть у матрицы 5. Движением ножа 8 вниз изделие отделяют от пресс-пакета (т. е. от пресс-остатка с пресс-шайбой), который падает на желоб и передается к механизму разделки пакета (рис. 8, а, позиция III). Изделия тянущим устройством выдергивают из матрицы, и контейнер возвращают в исходное состояние.

Таблица 4

Сортамент профильной продукции		
Вид продукции	Размеры, мм	Сплавы
Прутки	Диаметр от 6 до 20	АД1, АД31, АМг6 и др.
Угловые профили	Высота полки от 12 до 100 мм, толщина стенки от 1 до 100 мм	АД1, АД31, АМг6 и др.
Тавровые и двутавровые профили	Высота полки от 15 до 70 мм, толщина стенки от 1 до 100 мм	АД1, АД31, АД35 и др.
Зетовые профили	Высота полки от 20 до 50 мм, толщина стенки от 1 до 50 мм	АД1, АД31, АД35 и др.
Шеллерные профили	Высота полки от 25 до 80 мм, толщина стенки от 1 до 50 мм	АД1, АД31, АД35 и др.
Катанка	Диаметр от 9 до 14	А5, А5Е, А7, А7Е и др.
Проволока	Диаметр от 0,1 до 6,5	А5Е, АД31, АМг6 и др.

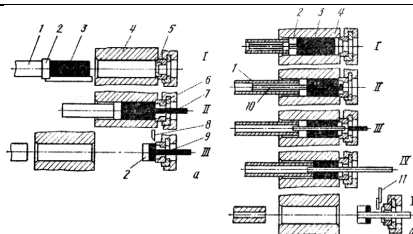


Рис. 8. Последовательность процесса прессования

При прямом прессовании труб после загрузки слитка 3 и пресс-шайбы 2 в контейнер 4 (рис. 8, б, позиция I) осуществляют его распрессовку. При этом иглу 10, находящуюся внутри полого пресс-штемпеля 1, немного выдвигают вперед и запирают отверстие пресс-шайбы 2 (рис. 8, б, позиция II). После распрессовки снимают давление с пресс-штемпеля и прошивают слиток (позиция III). Затем подают рабочее давление к пресс-штемпелю и слиток выдавливают в кольцевой зазор между иглой 10 и матрицей 5 (рис. 8, б, позиция IV). Пресс-пакет отрезается пилой 11 и ножницами (рис. 8, б, позиция V).

В качестве основной характеристики технологического процесса прессования выделяют также, как и при прокатке, вытяжку  $F_0$ , характеризующую в данном случае отношение площади распрессованной заготовки к площади поперечного сечения прессуемого профиля.

Сравним прессование с процессами прокатки сорта и труб. Преимуществами прессования являются следующие. Пластичность металла при прессовании выше, так как металл в контейнере находится в условиях всестороннего сжатия. Это играет большую роль при производстве изделий из труднодеформируемых сплавов и необходимости получения большой вытяжки (до 50–100, а для алюминия и латуни до 1000). При прокатке за проход вытяжка составляет обычно менее 2. Перестроить пресс на изделие нового профиля гораздо легче, быстрее и дешевле, чем прокатный стан. Точность размеров при прессовании, как правило, выше. Прессование проще автоматизировать, чем сортовую прокатку.

В качестве недостатков можно отметить следующие. Технологические отходы при прессовании состоят из малодеформированного переднего конца профиля и пресс-остатка, достигая 10–15 % (при прокатке 1–3 %). Из-за неравномерного истечения центральных и наружных слоев прессуемой заготовки неравномерность структуры и свойств металла этих слоев выше, чем у проката. Из-за больших контактных напряжений и значительной скорости скольжения по инструменту пресса стойкость прессового инструмента значительно ниже стойкости валков сортовых станков и его приходится изготавливать из дорогостоящих сталей и сплавов. Производительность пресса существенно ниже производительности стана, а себестоимость пресс-изделий выше себестоимости проката.

*Полунепрерывное прессование* в настоящее время является одной из основных схем по производству пресс-изделий из алюминиевых сплавов, характерной чертой которого является использование специального форкамерного инструмента, обеспечивающего прессование со стыковой сваркой и натяжением. Характерным для такого процесса является снижение высокой степени деформации за счет ее дробления при последовательном выдавливании объема металла сначала из основного контейнера в промежуточный инструментальный блок, а затем из промежуточного блока в матрицу (рис. 9).

При реализации процесса прямого прессования на гидравлических прессах в большинстве случаев роль промежуточного инструмен-

тального блока вы- полняет специальный инструмент, называемый форкамерой.

Основным преимуществом такого процесса является предварительное перераспределение потоков металла заготовки таким образом, чтобы уже пе- ред входом металла в канал матрицы неравномерность деформации была уменьшена. Кроме того, значительно снижаются нагрузки на прессовый ин- струмент, что приводит к повышению точности размеров прессуемого про- филя. В зависимости от размеров и типа профиля конструкция форкамер мо- жет быть различной: в виде углублений в теле матрицы со стороны зеркала или отъемной шайбы, в которой изготовлены соответствующие емкости для прессуемого металла. Расширяющаяся форкамера позволяет прессовать про- фили, габаритный размер которых превышает размеры внутренней втулки контейнера. После окончания прессования через матрицу с форкамерами и отделения пресс-остатка, которое требует несколько большего усилия, так как дополнительно приходится срезать сечение металла, остающегося в фор- камерах, последующая заготовка выталкивает оставшийся металл. Кроме указанных преимуществ данного способа следует отметить возможность осуществления схемы полунепрерывного прессования с натяжением, при ко- тором происходит стыковая сварка профилей.

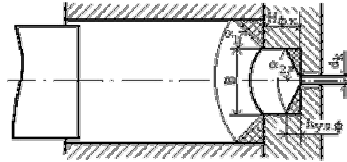


Рис. 9. Схема очага деформации при полунепрерывном прессовании с использованием форкамеры

В настоящее время большинство передовых заводов в нашей стране и за рубежом используют эту технологию при производстве алюминиевых профилей из мягких деформируемых сплавов. Однако вопросы исследования прочности сварного шва, его протяженности и разнотонности при после- дующем анодировании, требуют научно-обоснованных методик проектиро- вания и современных технологий изготовления прессового инструмента. По- этому данный технологический процесс не позволяет получать длинномер- ные изделия, так как сварной шов в большинстве случаев приходится выре- зать, что к тому же снижает выход годного при прессовании.

В качестве основного оборудования для реализации таких технологий применяются горизонтальные прессы номинальным усилием от 5 до 50 МН с

размерами контейнеров, определяемыми сортаментом, длиной и маркой сплава пресс-изделий, коэффициентом вытяжки, способом прессования и др.

Основными параметрами этих прессов являются номинальное усилие, разме- ры контейнера, ход и скорость движения прессующей траверсы. Тенденцией развития гидропрессового оборудования является применение автоматизированных линий, оснащенных тянущими устройствами, новыми системами пе- редачи продукции и ее адьюстажной обработки.

Существующие способы прессования на гидравлических прессах по- зволяют получать как сплошные, так и полые изделия различного типоразмера, однако после каждого цикла прессования остаются отходы металла в виде пресс-остатка, а последующая закладка заго- товки в контейнер сказывается на снижении производительности процесса. Получившие в последнее время развитие технологии и обо- рудование непрерывного прессования позволяют решать указанные проблемы путем концентрации деформации в необходи- мой степени в одном узле – узле непрерывного деформирования. При этом, наряду с основным видом обработки – прессованием, в очаге деформации в зависимости от вида непрерывного прессования могут совмещаться такие операции, как прокатка, волочение, осадка, раздача и др.

Основными способами *непрерывного прессования* являются Конформ, Лайнекс и Экстроллинг.

Среди перечисленных способов особое место занимает способ Кон- форм, предложенный Д. Грином в 1970 г. Он имеет ряд техниче- ских и эко

номических преимуществ и широкую сферу применения, причем особенно перспективным он представляется в цветной металлур- гии.

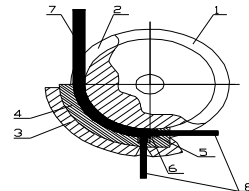


Рис. 10. Принципиальная схема реализации процесса непрерывного прессования по спо- собу Конформ: 1 – рабочее колесо; 2 – коль- цевая канавка; 3 – башмак; 4 – кольцевая вставка; 5 – вставка; 6 – матрица; 7 – за- готовка; 8 – изделие

Способ Конформ основан на применении неподвижного инструмента, называемого башмаком и подвижного вращающегося инстру- мента типа ко- леса с канавкой по периферии, причем в торце башмака установлена матри- ца, которая перекрывает канавку колеса. Схема процесса приведена на [рис. 10](#).

В качестве заготовки используется пруток 7, который задается в ручей 2, выполненный на рабочем колесе 1 в виде кольцевой канавки. Ручей 2 с внешней стороны закрыт прижимным башмаком 3, на внутренней поверхности которого выполнен ручей 4, охватывающий заготовку 7. В башмаке 3 за- креплен блок инструмента с прессовой матрицей 5. При задаче прутковой заготовки в зазор между башмаком и колесом она продвигается в камеру прессования, образуемую поверхностями башмака и канавки, под действием сил трения по поверхно- сти контакта с вращающимся колесом и, наконец, дос- тигает матрицы.

В зоне непосредственно перед матрицей заготовка подвергается интен- сивному пластическому деформированию («раздавлению») и заполняет все сечение канавки (зона захвата при выдавливании); это способствует увеличению сил трения между поверхностью канавки и заготовкой. По мере поворо- та колеса силы сжатия, приложенные к заготовке, возрастают и достигают значений, необходимых для выдав- ливания материала заготовки через отверстие в матрице, т.е. начинается процесс прессования. Зона неполного контак- та заготовки с по- верхностью канавки (зона первичного захвата) служит для развития давления, необходимого для пластического деформирования материала и заполнения объема в зоне перед матрицей. В качестве заготовки можно использовать обычную проволоку, причем процесс ее деформи- рова- ния – тягивание в камеру прессования по мере поворота колеса, предвари- тельное профилирование и заполнение канавки в колесе, создание рабочего усилия и, наконец, прессование – идет непрерывно, т. е. реализуется техноло- гия непрерывного выдавливания. Данный способ позволяет выдавливать пресс-изделия не только в направлении вращения рабочего колеса, но и в направлениях, перпендикулярных оси рабочего колеса, в том числе и радиаль- ном.

С целью оптимизации кинематики течения деформируемого металла, снижения усилия прессования и упрощения конструкции прес- сового инстру- мента для изготовления труб и полых профилей может применяться двух- ручьевая схема, а для изготовления тонкостенных труб, профилей, проволо- ки и плакированных изделий особенно действенна двухколесная схема реа- лизации процесса Конформ. Прессо- вый инструмент отличается тем, что прессовая матрица и игла устанавливаются раздельно, снижается величина потребных давлений и температуры прессования, что способствует росту производительности процесса.

На основе вышеприведенных технических решений специалистами Springfields laboratory и Advanced Metal Forming Group при Управлении атом- ной энергии «УКАЕА» Великобритании была разработана линия непрерывного прессования, схема которой представле- на на [рис. 11](#).

Преимуществами линии являются следующие: высокое качество пресс- изделий, сравнительно низкая себестоимость производства; низкие удельные капитальные затраты; незначительное количество технологических отходов (3–7 % вместо 25–45 % традиционных); большая технологическая гибкость. В настоящее время установки по методу Конформ, предназначенные для производства прессованной



продукции, производится английскими фирмами «Holton Machinery» и «Babcock Wire Equipment».

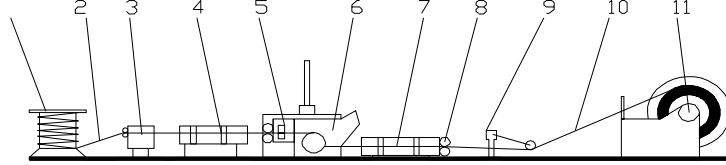


Рис. 11 Схема компоновки оборудования линии непрерывного прессования по способу Конформ: 1 – размоточное устройство; 2 – заготовка; 3 – устройство правки заготовки; 4 – устройство очистки заготовки; 5 – машина «Conform»; 6 – гильотинные ножницы; 7 – устройство охлаждения и сушки пресс-изделия; 8 – устройство натяжения пресс-изделия; 9 – устройство контроля натяжения пресс-изделия при его смотке; 10 – пресс-изделие; 11 – намоточное устройство

Мощность привода установки фирмы «Holton Machinery» с диаметром колеса 400 мм составляет 150 кВт, а габаритные размеры – 27250х6800х4380 мм. На этих установках изготавливают секторные провода для кабеля с поперечным сечением 16-300 мм<sup>2</sup>, электрошины различной формы и размеров, трубы всех типов охлаждающих систем диаметром от 4 до 8 мм с толщиной стенки до 0,6 мм и др. Однако отсутствие исследований формоизменения металла, учета граничных сил трения, изучение закономерностей деформации различных металлов и сплавов выявили ряд недостатков, которые существенно ограничивают возможности этого метода прессования.

Следует отметить, что для деформации даже мягких алюминиевых сплавов требуются большие энергозатраты, так как трение по инструментальному узлу достаточно велико. Кроме того, это приводит еще и к сильному разогреву деформирующего инструмента и, как следствие, к снижению его стойкости. Свойства пресс-изделий характеризуются неоднородностью из-за неравномерной деформации за счет создания реактивных сил трения на контакте металл – прессовый узел (башмак), что не вполне приемлемо, например, для продукции электротехнического назначения.

Особенностью способа Лайнекс (рис. 12), предложенного специалистами фирмы Western Elektrik Co (США), является то, что давление, необходимое для реализации процесса, создается за счет использования активных сил трения, которые возникают между плоскими поверхностями звеньев бесконечных цепей и верхней, и нижней плоскостями заготовки, имеющей прямоугольное поперечное сечение.

При этом величина давления прессования оказывается зависимой от соотношения (разности) сил трения на несмазанных и смазанных плоскостях заготовки. Этот способ применяют для производства алюминиевых шин и проволоки на заводах фирмы Venscuck (США). Максимальная величина коэффициента вытяжки не превышает 20, т.е. на порядок меньше, чем при производстве аналогичного пресс-изделия способом Конформ.

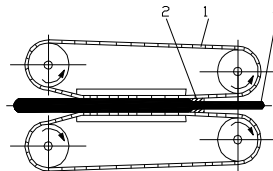


Рис. 12. Схема процесса непрерывного прессования способом Лайнекс: 1 – приводные цепи; 2 – матрица; 3 – заготовка; 4 – изделие

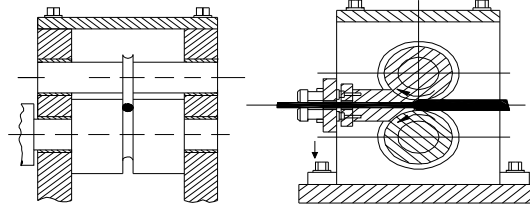


Рис. 13. Схема устройства для процесса Экстроллинг

Процесс Экстроллинг был предложен в 1975 г., запатентован Б. Авитуром в 1976 г. и представляет собой способ совмещения процессов прокатки и прессования в одном очаге деформации. Он характеризуется тем, что за счет активных сил контактного трения между валками и заготовкой выдавливание осуществляют через прессовую матрицу. Схема процесса показана на рис. 13.

Для осуществления процесса исходная заготовка непрерывно задается в калибр, обжимается в нем, что полностью соответствует стадии прокатки и выдавливается в калибрующее отверстие матрицы, установленной на выходе из калибра.

Данный способ реализуется как в холодном состоянии, так и при повышенных температурах и имеет меньшие потери мощности на трение реактивного действия, а также более эффективное заполнение полости калибра металлом заготовки. Рассматриваемый процесс сочетает в себе низкие потери на трение и малую продолжительность обработки, характерные для прокатки, и большие степени деформации, возможные при прессовании. Недостатки прокатки (небольшое единичное обжатие) и прессования (ограниченная длина получаемого изделия) при такой реализации процесса могут быть устранены.

Однако способ не нашел должного применения в промышленности, так как предложенное техническое решение (использование открытого калибра, расположение матрицы на общей вертикальной оси валков и т. д.) не обеспечивало устойчивого протекания процесса и создания необходимых для экструдирования металла давлений.

Таким образом, из всех процессов непрерывного прессования цветных металлов и сплавов, которые начали активно внедряться в производство с 1974 г., наиболее применимым и доведенным до промышленного внедрения оказался способ Конформ, установки на базе которого изготавливаются и распространяются по всему миру фирмами Babcock Wire Equipment и Holton Machinery LTD. В нашей стране, несмотря на имеющиеся многочисленные технические решения, защищенные авторскими свидетельствами и патентами, попытки создания таких отечественных установок не удалось вследствие отсутствия автоматизированной системы отвода тепла от рабочего инструмента. Действительно, ряд особенностей этого метода, основной причиной которых является наличие контактных сил трения реактивного действия, приводит к сильному разогреву инструмента, контролировать и управлять которым в процессе деформации достаточно сложно.

При производстве профилей, прутков и труб используется типовая технологическая схема. Такая схема применительно к процессу прессования алюминиевых профилей на горизонтальных гидравлических прессах показана на рис. 14.

Характеризуя типовую технологический процесс, отметим, что заготовки чаще используют литые, реже деформированные. Для расчета размеров слитка используют рекомендации И.Л. Перлина, в соответствии с которыми общая вытяжка при прессовании должна быть не менее 10. Отношение длины слитка  $L_{сл}$  к диаметру для полых профилей должно составлять 1,5–2, а для сплошных – 2–3. Массу слитка подбирают по усилию пресса. Перед прессованием производят обработку слитка.

Контейнер пресса (рис. 15) состоит из корпуса, внутренней и промежуточной втулок. Корпус имеет каналы для размещения нагревателей, а на быстросходных (50–70 прессовок/ч) прессах также каналы для охлаждения.

Внутренняя втулка изготавливается из теплоустойчивой стали, часто с упрочняющей наплавкой.

Пресс-штемпель изготавливают из поковок легированной стали с пределом прочности, равным 1600–1700 МПа.

Пресс-шайба служит для предохранения пресс-штемпеля от разогрева слитка.

Матрицы – это наиболее ответственные и быстро изнашиваемые детали инструмента (рис. 16). Матрица служит для формирования контура пресс-изделия и определяет точность его геометрических размеров и качество пресс-изделий. Матрица устанавливается в передней части втулки контейнера и замыкает ее полость с заготовкой. Изготавливают матрицы из высоколегированных сталей и жаропрочных сплавов.

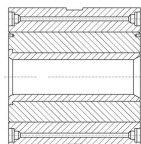


Рис. 15. Вид контейнера

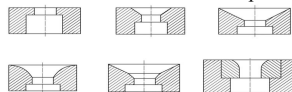


Рис. 16. Виды матриц: *a* – плоские; *b* – плоско-конические; *в* – конические; *г* – радиальные; *д* – с двойным конусом; *е* – со вставкой из жаропрочных или твердых сплавов

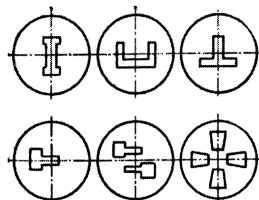


Рис. 17. Типы прессуемых профилей

### Тема 2.3. Волоочильное производство (Дискуссия 4 ч.)

*Волочением* называют пластическую деформацию при протягивании проволоки, прутка, профиля, трубы через сужающийся канал инструмента (волоки). Усилие растяжения, приложенное к выходящему из волоки концу изделия, расходует на формоизменение заготовки и преодоление сил трения о канал волоки. Обжатие за проход ограничено прочностью выходящего конца изделия и, как следствие, обрывом металла. Характеристикой процесса служит вытяжка  $\lambda$ .

Волочение относится к холодной пластической обработке. Кроме формоизменения и вытяжки достигается упрочнение (наклеп) материала, улучшается качество поверхности и точность размеров.

Различают волочение на цепных станах (для получения труб, прутков и профилей ограниченной длины) и волочение на станах барабанного типа (для получения длинномерной продукции, например, проволоки).

Заготовки для волочения – это сплошные (катаные, прессованные) круглые и фасонные профили в бухтах или отрезках, бесшовные или сварные трубы. Готовые изделия волоочильных цехов – это проволока диаметром от 0,01 до 6 мм, трубы диаметром до 400 мм, калиброванные прутки и профили, профильные (овальные, прямоугольные и т. п.) трубы.

Производительность процесса волочения определяется скоростью на выходе из волоки (скоростью волочения), вытяжкой за проход, затратами времени на начало процесса и замену инструмента.

Скорость волочения составляет 1–10 м/с для прутков, профилей и труб и до 50 м/с для тонкой проволоки. При таких скоростях скольжения неизбежны проблемы износостойкости волок, обеспечения качества поверхности изделий. Первостепенная роль при волочении принадлежит технологической смазке и управлению процессом трения. Радикальным средством уменьшения износа, повышения скорости и производительности является волочение в режиме гидро- или пластогидродинамического трения.

Перед волочением заготовку термически обрабатывают, удаляют с нее окалину и подготавливают ее поверхность для закрепления смазки. Термическая обработка снимает наклеп и обеспечивает получение оптимальной структуры. Смягчающий отжиг повторяют после 70–85 %-го обжатия для стали и 99 %-го для цветных металлов (меди, латуни). Окалину после термической обработки удаляют механическим, химическим, электрохимическим способами, а также одновременно несколькими способами. Механическая очистка состоит в периодическом изгибании полосы между роликами, обдуве дробью или песком. Такой способ малоэффективен для удаления прочной окалины, поэтому чаще применяют химический способ.

После травления заготовку промывают, на ее поверхность наносят подмазочный слой путем желтнения, омеднения, фосфатирования, известкования. При желтнении на заготовку наносят тонкий слой гидроксида железа  $Fe(OH)_3$ , который вместе с нанесенной затем на него известью играет роль наполнителя для смазки. Фосфатирование состоит в нанесении пленки фосфатов марганца, железа и цинка. К пленке фосфатов хорошо прилипает смазка и коэффициент трения снижается до 0,04–0,06. Известкование в растворе нейтрализует остатки кислот и образует пленку наполнителя для смазки. Для волочения с большими обжатиями и давлениями рекомендуется омеднение заготовки в растворе купороса; коэффициент трения при этом равен 0,08–0,12. После нанесения покрытия заготовку сушат в камере при 300–350 °С.

Для увеличения производительности концы бухт сваривают электроконтактной сваркой. Это снижает потери времени на заправку заготовки в волоки до минимума.

Проволоку изготавливают на машинах многократного волочения с числом волок 5–22. За каждой волокой скорость проволоки увеличивается пропорционально вытяжке  $\lambda$ , достигая на выходе 40–50 м/с (на наиболее современных машинах). Автоматизированный электропривод позволил объединить в один непрерывный агрегат волоочильную проволочную машину и установку для отжига проволоки «на проход». При производстве труб и прутков также стремятся объединить в один агрегат волоочильную машину, механизмы для правки, резки, острения концов, установки оправок и т. д.

К волочильному инструменту относятся волоки и оправки. Канал волоки (рис. 20) имеет следующие зоны: входную для облегчения ввода заготовки, смазочную и рабочую для ввода смазки и обжатия заготовки, калибрующую пояску, обратный конус и выходную зону для предохранения изделия от образования рисок и царапин. Основные характеристики волоки – это материал, угол  $\alpha$  и ширина калибрующего пояска. Длина пояска составляет 0,4–1,0 длины рабочей зоны. Угол  $\alpha$  обычно равен 6–15°.

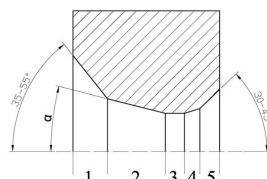


Рис. 20. Схема канала волоки: 1 – входная зона; 2 – смазочная зона; 3 – калибрующая зона; 4 – обратный конус; 5 – выходная зона

По диаметру изделий, мм, волочение подразделяется на толстое (3,5–1,5), среднее (1,6–0,25), тонкое (0,4–0,1) и тончайшее (0,02–0,008). Наибольшей износостойкостью обладают волоки из природных (до 2,4 мм) и синтетических (поликристаллических до 4,6 мм) алмазов, однако они нуждаются в интенсивном охлаждении. Размеры и форма канала стандартизованы. Алмазные волоки вставляют в оправы из латуни или бронзы и заливают легкоплавким сплавом. Для изделий диаметром 1–50 мм применяют в основном сборные волоки из обоймы с запрессованной в нее твердосплавной вставкой. Размеры и материалы вставок на основе карбидов вольфрама и кобальта

стан- дартизованы.

Для мелкосерийного производства и производства труб диаметром до 300 мм применяют волокна из сталей У8-У 12, Х12М, ШХ15 и др.

В цепном волочильном стане (рис. 21) передний конец прутка или трубы 1 проталкивается через волоку 2 и захватывается клещами каретки 3. Каретка сцепляется с пластинчатой цепью 4, перематываемой с помощью привода 5. На входной стороне стана имеется приспособление для подачи и удержания стержня оправки.

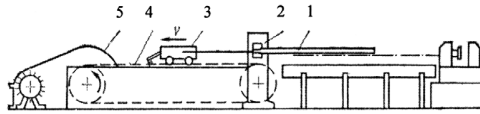


Рис. 21. Схема цепного волочильного стана Подготовка заготовки

### Раздел 3. Основы технологических процессов ковки и штамповки

#### Тема 3.1. Ковка (Дискуссия 4 ч.)

Ковка – это процесс обработки металлов давлением, при котором неограничиваемое изменение форм и размеров заготовок достигается путем ударов или нажимов бойками, не ограничивающих течение металла в плоскости перпендикулярной оси приложения давления. К достоинствам ковки относится возможность обрабатывать давлением крупные слитки, масса которых достигает нескольких сотен тонн, улучшая структуру и механические свойства обрабатываемого металла и исправляя дефекты литого металла.

В качестве исходного материала для ковки применяют стали всех марок, алюминиевые, магниевые, титановые сплавы, а также сплавы на основе меди и никеля.

Ковка слитков протяжкой из цветных сплавов в одном направлении при достаточных степенях обжима приводит к измельчению зерна с образованием волокнистой структуры. При этом повышаются показатели механических свойств, однако одновременно возникает их анизотропия в продольном и поперечном направлениях, которую устраняют ковкой в трех взаимно перпендикулярных направлениях по схеме осадка – протяжка – осадка.

Для ковки ковкой небольшой массы используется различный прокат, такой как блюмы, катанка круглого и квадратного сечения (сортовой прокат), периодические и сортовые профили. Кроме того, кузница перерабатывает прутки, полученные волочением и прессованием.

К достоинству ковки относят возможность с помощью простого и дешевого инструмента изготавливать поковки разнообразной формы и размеров любой массы (от гаек и болтов до коленчатых валов современных кораблей).

Главным преимуществом процесса ковки является возможность обрабатывать крупные слитки и заготовки. В тяжелом машиностроении количество кованных поковок достигает 90 %, а в автомобилестроении (серийное и массовое производство) до 98 % их изготавливаются объемной штамповкой. Поэтому потребность, а также вид и объем продукции обуславливает применение ковки. Ковку используют в единичном и мелкосерийном производстве. К ее недостаткам можно отнести значительный расход металла (коэффициент использования металла составляет 37 %) и низкую производительность по сравнению с объемной штамповкой.

Нагрев заготовок перед ковкой сопровождается изменением структуры и механических свойств исходного материала. С превышением температуры металла свыше величины, составляющей диапазон 0,3–0,4 от температуры плавления, начинают протекать процессы возврата и рекристаллизации. Ковочные температуры находятся между температурами плавления и интенсивной рекристаллизацией сплава. Более низкие температуры относятся к холодному деформированию. При нагреве заготовок в случае несоблюдения технологических требований могут иметь место явления перегрева и пережога. Первое ведет к росту зерен и резкому снижению механических свойств, а второе сопровождается окислением поверхности зерен и полной потерей пластических свойств. Поэтому выбор температур нагрева заготовок является важной технологической задачей.

Температурный интервал ковки – это максимальная температура нагрева металла в печи (верхний предел) и температура окончания процесса деформации поковок (нижний предел). Различают допустимый и рациональный температурные интервалы ковки. Допустимый является более широким и не зависит от размеров и формы поковок, а рациональный назначается с учетом опыта освоения технологического процесса для конкретных заводских условий. Допустимые интервалы для некоторых сплавов приведены в табл. 5.

В качестве основного оборудования для ковки применяют прессы и молоты. Выбор оборудования зависит от технологии получения поковок, заданной программы выпуска и особенностей деформации обрабатываемого сплава. В качестве инструмента для ковки применяют плоские, вырезные или плоско-вырезные бойки.

Выделяют основные (осадка, протяжка и прошивка) и вспомогательные (рубка, кузнечная гибка, передача, скручивание и др.) операции ковки.

Существуют следующие дефекты слитков:

- Усадочная раковина и усадочная рыхлость –  $V_{\text{ус.рак}} = 1,5-2V_{\text{сл}}$ .
- Плены, появляющиеся в результате брызг жидкого металла при заливке.
- Возникновение прямой ликвации легирующих компонентов и примесей в сплаве.
- Трещины, пузыри и т.д.

Если на поверхности отливок сортового проката имеются дефекты (коррозия, плены, трещины), то они удаляются при помощи операций зачистки. Различают газопламенную зачистку, обработку пневмомолотками, зубилами, зачистку полировальными кругами.

Обычно слитки перед ковкой характеризуются структурной неоднородностью металла по сечению. Основным требованием к заготовке служит получение мелкозернистой структуры и однородного химического состава. Степень уменьшения сечения при деформировании может служить показателем проработанности структуры.

Анизотропия свойств связана с различием свойств металла в поперечном и продольном направлениях. В этом смысле можно выделить 3 диапазона:

1.  $V = 2-3$  – волокнистая структура (только средняя часть заготовки);
2.  $V = 3-6$  – одинаковые свойства в продольном и поперечном направлениях (рабочий диапазон ковки);
3.  $V = 10$  и более – анизотропия свойств.

Разделка слитков является операцией ковки и осуществляется с помощью прессов, при этом производится биллетировка слитка (сбивка граней и устранение конуса), удаляется донная и прибыльная части слитка (рис. 24).

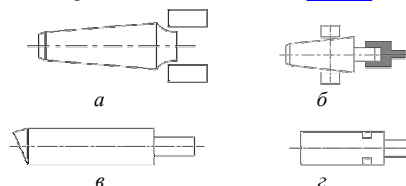


Рис. 24. Биллетировка слитка: а – оттяжка цапфы под патрон; б – протяжка; в – отделение донной части; г – разметка и отделение прибыльной части

Прокатанный или прессованный металл разделяют на мерные длины в заготовительных отделениях кузнечно-штамповочного це-

ха. При этом используются резка на пилах, пресс-ножницах, хладноломах, с помощью газовых резаков, токарно-отрезных и горизонтально-фрезерных станках, электроискровая резка.

Резка кривошипными пресс-ножницами (рис. 25) наиболее производительный способ разделки пруткового металла на заготовки. Пруток 1 подается по рольгангу до упора 2 в зону реза между верхним 3 и нижним 4 ножами пресс-ножниц. С целью избежания опрокидывания в процессе резки пресс-ножницы снабжены прижимным устройством 5.

Резка металла происходит в 3 стадии (упругой, пластической и скола). В элемент надавливания ножей в прутке возникают упругие деформации.

Под действием пары сил с моментом  $M = Pa$  пруток изгибается, причем в зоне соприкосновения ножей с металлом наблюдается смятие последнего. Повороту прутка препятствует сила прижима. В момент, когда напряжения от действия ножей становятся больше сопротивления пластической деформации металла, происходит их внедрение в пруток. По достижении максимально возможной величины внедрения для данного материала образуются встречные трещины, называемые опережающими. При нормальной величине зазора  $Z$  между ножами противоположные трещины сходятся, образуя сплошную криволинейную поверхность.

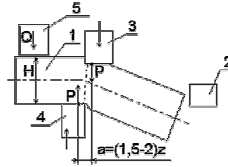


Рис. 25. Схема резки на кривошипных пресс-ножницах

Основными формоизменяющими операциямиковки являются осадка, протяжка и прошивка. Оборудованием для проведения этих операций являются в основном молоты и прессы.

Осадкой называется технологическая операция, при которой увеличение сечения заготовки, перпендикулярное к действующей силе, происходит за счет уменьшения размера по высоте (рис. 27).

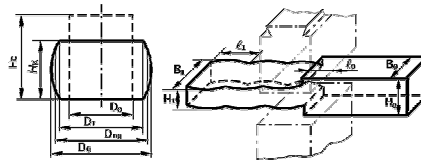


Рис. 27. Схема осадки

Рис. 28. Схема протяжки бруса:  $H_0, B_0$  – начальные высота и ширина бруса;  $H_1, B_1$  – размеры после протяжки;  $l_0$  – подача;  $l_1$  – длина обжатого участка

При осадке в результате взаимодействия поверхности инструмента и деформируемого металла возникают силы контактного трения, препятствующие радиальному перемещению приконтактных слоев металла, при этом диаметр образца неравномерно увеличивается и образуется «бочка». Осадка с образованием «бочки» приводит или к снижению производительности оборудования в случае, если после осадки применяется обкатка заготовки по боковой поверхности, или к повышенному расходу металла, если обкатку не применять, так как на образование «бочки» потребуется дополнительный объем металла. При недостаточной пластичности металла на боковой поверхности заготовки возможно образование трещин.

Протяжкой называется операция, в результате которой происходит увеличение длины вследствие уменьшения поперечного сечения деформируемой заготовки. Типовой поковкой является поковка «вал».

Протяжку осуществляют путем обжима заготовки при продольной подаче с определенным шагом. Сумма определенного числа нажатий до одной и той же толщины заготовки без ее поворота называется проходом. Если заготовку после прохода повернуть вокруг горизонтальной оси на 90° (кантовать) и снова осуществить протяжку, то получим второй проход. Два прохода с кантовкой между ними называются переходом.

$l_1$  – длина до и после протяжки. Для поковок типа «кольцо» применяют разновидность протяжки – раскатку.

Прошивкой (рис. 29) называется основная кузнечная операция, посредством которой в заготовке получают отверстие (сквозная прошивка) или углубление (несквозная прошивка).

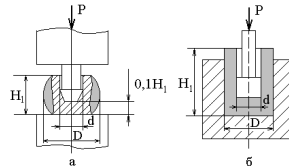


Рис. 29. Схема открытой и закрытой прошивки

Различают открытую (рис. 29, а) и закрытую (рис. 29, б) прошивку.

При открытой прошивке боковая поверхность заготовки свободна от воздействия инструмента, течение металла не ограничено, поэтому она приобретает бочкообразную форму. При закрытой прошивке формоизменение металла ограничено стенками инструмента, при этом на последней стадии прошивки металл течет в направлении, противоположном направлению перемещению пуансона (прошивня), формируя стенки изделия в зазоре между матрицей и пуансоном (рис. 29, б). Перед открытой прошивкой заготовку необходимо осадить с целью получения необходимой толщины стенок прошиваемого цилиндра, обеспечивающей хорошую боковую поверхность поковки, получения параллельных торцов для лучшей установки прошивня и уменьшения высоты заготовки, чтобы облегчить прошивку. Более длинная поковка после прошивки получается путем протяжки на оправке.

Прошивку полым прошивнем применяют при размерах отверстия, превышающих диаметр, равный 400 мм. Для получения сквозных полостей применяют подкладной инструмент.

Основным показателем, влияющим на формоизменение металла при прошивке и энергосиловые затраты процесса, является отношение диаметра поковки  $D$  к диаметру прошивня  $d$ . Открытая прошивка применяется при  $D/d > 2$ , закрытая при  $D/d < 2$ . Усилие и давление прошивки также зависят от отношения  $D/d$  и формы пуансона. Следует отметить, что усилие закрытой прошивки при прочих равных условиях больше, нежели усилие открытой прошивки, что объясняется большими энергосиловыми затратами при формировании стенки изделия на последней стадии формоизменения.

### Тема 3.2. Объемная штамповка (Дискуссия 4 ч.)

Штамповка – это формоизменение металла в штампах, форма которых приближается к форме готовой детали или точно ей соответствует. Различают холодную и горячую объемную штамповку. Последняя проводится при температуре заготовок выше температуры рекристаллизации обрабатываемого металла или сплава. Штамповка в отличие отковки позволяет металлу претерпевать деформацию по трем осям и получать фиксированные размеры в объеме.

К преимуществам штамповки относятся: небольшое число обжатий, высокая производительность, малоотходность по сравнению с ковкой и обработкой резанием. Себестоимость штамповки в 2-3 раза ниже себестоимости изготовления детали резанием. Однако эти

преимущества реализуются только в серийном специализированном производстве из-за большой стоимости штампов. В развитых промышленных странах горячей объемной штамповкой изготавливают по 1–1,5 млн т в год стальных поковок.

Около 80 % штампованных поковок производят на универсальных паровоздушных штамповочных молотах (ПВШМ), кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) и горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Имеется тенденция к замене молотов прессами. Наиболее крупные изделия штампуют на гидравлических прессах усилием до 750 МН. Расширяется применение винтовых штамповочных пресс-молотов (ВШПМ) и горячештамповочных автоматов (ГША). Оборудование для серийной штамповки объединяют в гибкие производственные модули, оснащенные роботами-манипуляторами и управляемые ЭВМ.

Экономическая целесообразность объемной штамповки и выбора ее способов зависит от множества факторов, основными из которых являются следующие:

- тип производства (массовое, серийное);
- свойства и себестоимость металла или сплава;
- тип оборудования, на котором производится деформация металла.

В качестве инструмента применяется приспособление, имеющее две или большее число частей, при сопряжении которых образуется объемная полость по форме детали, которая называется штампом. Количество штампов, необходимых для производства различных деталей, соответствует количеству штампуемых поковок.

Штамп состоит из следующих основных частей (рис. 31):

- верхняя плита 1;
- нижняя плита 2;
- верхняя часть штампа (пуансон) 3;
- нижняя часть штампа (матрица) 4;
- направляющие колонки 5, входящие в направляющие втулки 6;
- хвостовик 7 (запрессован в верхнюю плиту, вставляется в гнездо ползуна пресса и там крепится).

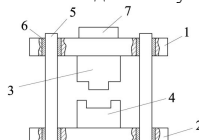


Рис. 31. Типовая конструкция штампа для объемной штамповки

Холодная объемная штамповка (ХОШ) основана на использовании холодной пластической деформации. Все операции ХОШ разделены на 12 групп с индексами от А до Н, каждому из которых соответствует ряд с порядковым номером 1–12. Основными из них являются следующие:

- осадка;
- объемная формовка;
- плоскостная и объемная калибровка;
- холодное выдавливание;
- высадка;
- чеканка.

ХОШ имеет следующие преимущества:

- высокие механические свойства деталей из-за деформационного упрочнения;
- высокую точность размеров и качествоковки (8–9 класс);
- увеличение коэффициента использования металла (в среднем до 82–93 %);

– высокую производительность процесса и возможность механизации и автоматизации (в 5–10 раз производительность выше на кривошипных прессах-автоматах по сравнению с современными автоматами для обработки резанием таких же деталей).

В качестве недостатка можно выделить высокие удельные нагрузки на инструмент и, как следствие, низкую стойкость штамповой оснастки.

Типовой технологический процесс объемной штамповки состоит из резки проката на заготовки, их нагрева, собственно штамповки, обрезки облоя, правки, термообработки поковок, удаления окалины, холодной калибровки (чеканки) и контроля качества.

Общий технологический процесс формоизменения независимо от вида оборудования включает несколько этапов:

1. Подготовительные операции (фасонирование, осадка и др.).
2. Оформление поковки (штамповочные операции).
3. Вспомогательные операции (обрезка облоя, термообработка и др.).
4. Отделочные операции (обработка резанием, калибровка и др.).

По технологическому признаку выделяют следующие разновидности:

- штамповку на молотах;
- штамповку на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП);
- штамповку на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).

На молотах осуществляется штамповка и в закрытых и в открытых штампах. Используются штамповочные молоты (для стальных поковок) с массой падающих частей 15–25 т. В качестве достоинств этого вида штамповки можно выделить следующие:

- возможность осуществления энергоемких операций за счет высоких скоростей деформации и многократного обжатия в ручьях;
- универсальность и простоту эксплуатации;
- возможность деформации малопластичных сплавов. А в качестве недостатков отмечают следующие:
- низкая степень автоматизации и механизации;
- экологический вред и тяжелые условия труда;
- необходимость в больших фундаментах.

В качестве инструмента применяют молотовые штампы (рис. 32).

На штампе может быть расположена площадка для осадки (как правило, она выполнена в угловом элементе штампа), нож и различные ручьи.

В молотовых штампах применяют следующие.

1. Штамповочные ручьи:
  - окончательный (чистовой), где производится получение окончательной поковки;
  - предварительный (черновой), который, как правило, выполняется без заусеничной канавки, служит для придания заготовке формы, близкой к окончательному ручью, и применяется при штамповке стальных поковок.
2. Заготовительные ручьи:
  - формовочный ручей, который служит для придания заготовке формы, соответствующей форме поковки в полости ручья (для получения контура поковки в плане);
  - гибочный ручей, который придает поковке определенный угол изгиба;
  - пережимной ручей, который необходим для уширения заготовки поперек ее оси;
  - подкатный ручей, который предназначен для увеличения одних поперечных размеров заготовки за счет других вследствие перемещения металла вдоль оси заготовки;
  - протяжной ручей, который необходим для увеличения длины заготовки.



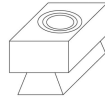


Рис. 32. Вид нижней половины молотового штампа

Разработка технологического процесса штамповки на молотах включает следующие этапы:

1. Определение массы падающих частей молота.
2. Выбор штамповочных переходов (последовательность формования металла в различных ручьях штампа).
3. Определение массы заготовки и ее размеров с учетом объемов поковки, утара металла и заусенца ( $V_{заг} = V_{пок} + V_{утар} + V_{заус}$ ).
4. Определение режима нагрева заготовки.
5. Конструирование поковки и штампа (нанесение линии разреза, значения штамповочных уклонов и радиусов закругления).

Штамповка на КГШП является более современным видом обработки металла, так как позволяет исключить динамические удары и осуществлять деформацию за счет нажимов бойками. При этом КГШП имеют более высокий коэффициент полезного действия (КПД) и примерно при той же производительности возможности более полной механизации и автоматизации. Так как КГШП сравнительно тихая машина, то деформацию металла осуществляют, как правило, в двухручьевом штампе. В качестве вспомогательного оборудования для фасонирования заготовок (приближения к окончательной форме поковки) используются ковочные вальцы.

Технологический процесс штамповки на КГШП состоит из следующих операций:

- вальцовки;
- штамповки в предварительном ручье;
- штамповки в окончательном ручье;
- обрезки заусенца на обрезных прессах.

Разработка технологического процесса включает следующие этапы:

1. Составление чертежа поковки:
  - выполнение чертежа горячей поковки (инспекционной);
  - выбор плоскости разреза штампа;
  - назначение припусков, допусков, напусков;
  - назначение штамповочных уклонов;
  - определение радиусов закругления.
2. Назначение переходов штамповки.
3. Выбор формы и размеров заготовки.
4. Выбор прессы.
5. Конструирование штампа.
6. Выбор способа нагрева и назначения температурного интервала.
7. Определение вида отделочных операций и их последовательности.
8. Оценка технико-экономических показателей процесса.

Штамповкой на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) изготавливают преимущественно асимметричные поковки в виде стержней с утолщениями разной формы. Особенностью является то, что штампы имеют плоскость разреза в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

К преимуществам данного процесса относятся:

- штамповка, которая, как правило, проводится без облоя, то есть когда нет необходимости в дополнительных операциях;
- отсутствие штамповочных уклонов;
- простота конструкции штампов;
- возможность изготовления длинноосных деталей;
- получение волоконной структуры; Штамповка проводится в следующих ручьях:
  - наборном;
  - формовочном;
  - прошивном;
  - обрезном.

Процесс штамповки осуществляется в следующем порядке. Пруток с нагретым концом помещают в неподвижную матрицу. Положение прутка определяется упором. С пуском машины в ход начинается движение подвижной блок-матрицы и ползуна машины. До соприкосновения пуансона с выступающим торцом прутка подвижная матрица прижимает пруток к неподвижной, а упор автоматически отходит в сторону. При дальнейшем движении ползуна пуансон производит высадку участка прутка, выступающего за пределы зажимной части матрицы.

Различают штамповку в открытых и закрытых штампах (рис. 33). В открытом штампе избыток металла выдавливается наружу (в облой), поэтому заготовки можно нарезать с малой точностью на пресс-ножницах. При безоблойной штамповке весь металл расходуется на изделие, но появляется необходимость в точной дозировке металла, что возможно при резке заготовок на пилах.

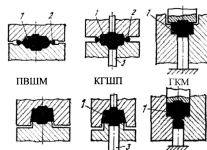


Рис. 33. Схемы штамповки на различных видах оборудования: 1 – ручей штампа; 2 – облой; 3 – выталкиватель

Фасонные штампованные детали получают окончательную форму в чистовом штампе, а предварительную – либо в черновом (заготовительном) штампе, либо на специализированном оборудовании (ковочных вальцах), либо свободной ковкой.

Штамповка в открытых штампах сопровождается образованием заусенца (облоя), который выполняет специальные технологические функции.

На рис. 34 представлена схема штамповки в открытых штампах. Верхняя половина штампа 1 перемещается под действием усилия  $P$  и давит на торцевые поверхности заготовки 5. Металл при этом деформируется в ручьях 6 штампа, образованного верхней 1 и нижней 2 половинами, и, заполняя его, вытекает в заусенечную канавку 3. Сформированная таким образом поковка 4 имеет по периметру заусенец (облой) 7. Для извлечения поковки из штампа служат штамповочные уклоны  $\alpha$ , величина которых составляет 5–10°.

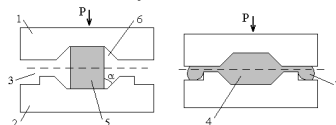


Рис. 34. Схема штамповки в открытых штампах

Открытая штамповка характеризуется следующими факторами.

Объем металла при ней – непостоянен. Следовательно, имеется часть металла, которая удаляется в отход. При этом должно соблюдаться условие  $V_{заг} = V_{пок} + V_{заус}$ , где  $V_{заг}$ ,  $V_{п}$ ,  $V_{з}$  – соответственно, объемы заготовки, поковки и заусенца.

Направление вытеснения металла перпендикулярно направлению движения штампа.

Заусенец (облой) создает противодействие, которое, увеличивая гидро- статическое давление в штампе, обеспечивает заполнение угловых элементов ручья, при этом реализуется возможность регулирования заполнения штампа.

При открытой штамповке выделяют три основные стадии течения металла (рис. 35): свободную осадку (рис. 35, а); заполнение штампа (рис. 35, б) и выдавливание заусенца (рис. 35, в). На практике существует и четвертая (нежелательная) стадия, когда ручки штампа заполнены, но поковка не вы- полнена по высоте (ее часто называют доштамповкой). Постадийное изменение усилия штамповки представлено на рис. 36, г.

Основной недостаток штамповки в открытых штампах – это большие потери металла на заусенец, которые зависят от массы и формы поковок и могут достигать 30 % и более. Кроме того, волокна металла при удалении облоя оказываются перерезанными, что существенно снижает качество поковки.

Заусенечную щель выполняют в виде специальной канавки. Она состоит из магазина (приемной части) и мостика (переходная часть от основной полости штампа). Магазин должен быть заполнен не более чем на две трети от своего объема, в противном случае возможна поломка штампа. Канавки (рис. 36) выполняют двух видов:

- для машин со свободным ходом (молот, гидропресс);
- для машин с регламентированным ходом (кривошипные прессы).

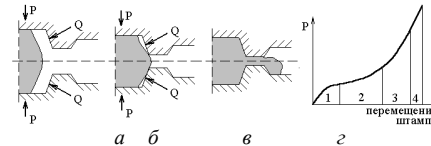


Рис. 35. Схема стадий течения металла при штамповке: а – стадия свободной осадки; б – стадия заполнения штампа; в – стадия выдавливания заусенца

Штамповку в закрытых штампах (безоблойную штамповку) применяют для получения поковок несложной формы с небольшой разницей в размерах сечений. Заготовка 5 диаметром  $D_0$  и высотой  $H_0$  (рис. 37) помещается в штамп, основными частями которого являются пуансон 1, матрица 2 и вы- талкиватель 3. При перемещении пуансона происходит последовательное осаживание заготовки и заполнение полости штампа с образованием поковки заданных размеров и формы. При этом инструмент не обеспечивает свобод- ного удаления цилиндрической поковки 4 из ручья штампа. Для удаления поковки из полости штампа применяют штамповочные уклоны  $\alpha$  и выталки- ватель 3. Для горизонтально-ковочных машин штамп может быть выполнен разъемным и состоять из трех частей (пуансон и разъемная матрица).

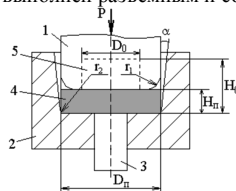


Рис. 37. Схема штамповки в закрытых штампах

Практически некоторая часть металла затекает в зазоры между разъем- ными частями закрытого штампа, образуя незначительный заусенец. Объем последнего зависит от колебаний объема заготовки и износа штампа. Боль- шой объем заготовки из-за отсутствия возмож- ности фиксировать момент заполнения ручьев (окончание процесса штамповки) приводит к распору штампа, что отрицательно сказывается на его долговечности. Поэтому ос- новным соотношением, принятым для технологических расчетов при штам- повке в закрытых штампах, является  $V_{заг} \approx V_{руч}$ .

Штамповка в закрытых штампах характеризуется значительной экономией металла, отсутствием дополнительной операции обрезки облоя, благопри- ятной схемой всестороннего сжатия, меньшей величиной уклонов ( $\alpha = 1-3^\circ$ ), чем при открытой штамповке. Особенно эффективна схема штамповки в за- крытых штампах для малопластичных сплавов, так как боковой подпор сте- нок полости штампа значительно повышает гидростатическое давление, в результате чего пластичность металла возрастает. Кроме того, макроструктура поковок характеризуется тем, что волокна металла получают очертания кон- тура поковки и не перерезаны.

Основным недостатком способа штамповки в закрытых штампах явля- ются его неуниверсальность. Например, круглый контур поковки при штамповке в закрытых ручьях неприемлем из-за нетехнологичности конструкции инструмента, что характеризуется низкой стойкостью кромок штампа. Существенно снижают область применения закрытых штампов ограниченность рациональных форм штам- пуемых поковок и необходимость точной дозирив- ки металла, кроме того, точность поковки по высоте ниже, чем при штампов- ке в от- крытом штампе.

Во избежание перегрузки штампов и оборудования при нарушении ус- ловия равенства объемов заготовки и поковки применяют компенсаторы. Это специальный приемник излишков металла, расположенный в месте наиболее трудного заполнения металлом штампа, в который выдавливается лишний металл после оформления поковки. В отдельных случаях компенсатор выполняет те же функции, что и заусенечная канавка, при этом металл тормо- зится при выходе из полости штампа, обеспечивая заполнения всех его углов, и в то же время излишки металла поступают в компенсатор, не создавая пе- регрузки инструмента и оборудования.

К преимуществам штамповки в закрытых штампах относятся:

- отсутствие дополнительных операций обрезки заусенца;
- благоприятная для обработки схема всестороннего сжатия;
- значительная экономия металла по сравнению со штамповкой в от- крытых штампах.

Недостатками являются:

- неуниверсальность, ограниченность форм штампуемых поковок;
- необходимость точной дозировки металла в полости штампа:  $V_{заг} = V_{пок}$ ;
- точность поковок по высоте бывает ниже, чем при штамповке в от- крытых штампах;
- более сложная конструкция штампа (наличие выталкивателей).

Штамповка выдавливанием устраняет один из недостатков закрытой штамповки – необходимость точной дозировки металла за счет конструктивно нового решения формы штампа (рис. 38). Поковка в таком штампе состо- ит из двух основных частей: корпуса и стержневой части, а штамп выполнен закрытым с двумя плоскостями разъема, причем имеется основная полость штампа, характеризующаяся диаметром  $D$  (рис. 38, а), и полость выдавлива- ния диаметром  $d$ . В качестве разновидностей данного процесса выделяют прямое, обратное, ком- бинированное и боковое выдавливание, отличающиеся направлением перемещения металла относительно направления перемещения инст- румента.

При штамповке выдавливанием можно выделить несколько преимуществ. Одно из них – это возможность получения поковок из малопластич- ных сплавов с точными размерами и качественной поверхностью, пластиче- ская деформация которых облегчается в услови- ях всестороннего неравно- мерного сжатия. Вторым достоинством является возможность выдавливания в стержневую часть поковки из- лишка металла и его последующее удаление. Таким образом, при штамповке выдавливанием по сравнению с закрытой штамповкой нет необходимости в точной дозировке объема металла. Процесс штамповки характеризуется уменьшением металла в основной полости инстру- мента, высоким качеством поковок, а также отсутствием отхода металла в за- крытом штампе.

Наиболее важными недостатками процесса являются высокие удельные усилия деформации и как следствие относительно низкая стойкость инструмента, ограниченность форм поковок, сложная конструкция рабочего инст- румента.



### Тема 3.3. Листовая штамповка (Дискуссия 4 ч.)

*Листовая штамповка* – это один из наиболее прогрессивных видов производства. Она имеет ряд технологических и экономических преимуществ перед другими способами обработки металлов давлением, а именно:

- получение жестких и прочных деталей малого веса и сложной формы;
- высокая производительность на основе автоматизации;
- экономное использование материала;
- низкая стоимость изделий.

Изделия штампуют из полосовой, листовой или ленточной заготовок сталей, цветных металлов, металлов с пластмассовыми покрытиями. По способу пластической деформации штамповку листа подразделяют на резку, гибку, вытяжку и формовку (см. ниже). В зависимости от толщины заготовки различают тонколистовую (до 4 мм) и толстолистовую штамповку; заготовки толщиной более 15–20 мм штампуют в горячем состоянии. В одном штампе обычно экономически выгодно совмещать несколько операций штамповки.

По способу совмещения операций различают штамповку:

- совмещенную, которая осуществляется в несколько операций одно- временно за один ход пресса и за одну установку заготовки в штампе;
- последовательную – осуществляется, когда несколько операций осуществляются последовательно отдельными пуансонами за несколько ходов пресса при перемещении заготовки между ними, так что за каждый ход пресса получается готовая деталь;
- совмещено-последовательную, где комбинируются первые два варианта. Основными направлениями развития штамповки листа являются: расширение производства штампованных из листа изделий взамен литых и кованых, комбинация штамповки листа и сварки, механизация и автоматизация штамповки, совершенствование конструкций штампов и технологии штамповки. Замена в массовом производстве литых и кованых деталей штампованными из листа позволяет снизить массу изделий на 25–50 %, расход металла на 30–70 %, трудоемкость изделий на 50–80 %.

*Основные операции* листовой штамповки делятся на разделительные (отрезка, вырубка, пробивка, обрезка, надрезка и т. п.) и формообразующие (гибка, скручивание, закатка, правка, вытяжка, рельефная формовка, отбортовка, чеканка, редуцирование, высадка и т. д.). Общим для них является, во-первых, применение заготовки из плоского проката, во-вторых, незначительное изменение толщины заготовки в операциях листовой штамповки. Разделительные операции листовой штамповки подразделяются по типу используемого инструмента (оборудования) на две подгруппы: резку металла ножами, являющуюся в большинстве своем заготовительной, и резку металла штампами.

Для разделительных и формоизменяющих операций листовой штамповки применяют различные виды оборудования. Основным из них являются кривошипные листоштамповочные прессы различного усилия. Кроме того, в цехах листовой штамповки применяются гильотинные ножницы, гидравлические и чеканочные прессы, гибочные автоматы, агрегаты лазерной резки и др. В качестве инструмента применяют штампы, конструкция которых может быть и достаточно простой (вырубной штамп), и достаточно сложной (штампы совмещенного или последовательно действия). Технически совершенные, но сложные и дорогие штампы экономически выгодно применять в крупносерийном и массовом производстве.

Типовой технологический процесс листовой штамповки состоит из следующих этапов: подготовительные операции (раскрой, резка на заготовки и т. д.), штамповочные и отделочные операции. Кроме собственно штамповки листовых материалов в цехах осуществляют правку заготовок, термические и отделочные операции: промежуточные отжиги для восстановления пластических свойств металла, полирование, окрашивание и т. д. Технологическая схема штамповки формируется исходя из наличия основного штамповочного и вспомогательного оборудования, сложности детали и требований к ее механическим свойствам.

Для холодной листовой штамповки листовые металлы с помощью ножниц предварительно разрезают на полосы или заготовки необходимых размеров. Основными типами ножниц, применяемых в листоштамповочных цехах (рис. 39), являются: ножницы с параллельными ножами, ножницы с наклонными ножами (гильотинные), дисковые и вибрационные ножницы. Первый тип ножниц используется для резки узких и толстых полос и металлов. Метод резки на ножницах с наклонными ножами (гильотинных) является наиболее распространенным для резки металлических листов. Для резки рулонного металла и обрезки кромок лент применяют дисковые ножницы. Вибрационные ножницы используют значительно реже для получения штучных заготовок криволинейной формы.

Основными операциями резания металла штампами являются вырубка и пробивка, при этом данные процессы можно представить в виде отделения одной части заготовки от другой по замкнутому контуру с помощью пуансона и матрицы (рис. 40). При вырубке часть заготовки, которая остается на матрице, является отходом, а при пробивке та же часть заготовки является деталью. Так же, как и при резке ножницами, процесс резки состоит из трех стадий: упругой, пластической и скалывания. При этом последовательно происходит упругий изгиб с вдавливанием по кольцевому пояску со стороны матрицы и пуансона, возникновение изгибающего момента (выпучивание) и образование трещин со стороны матрицы и пуансона.

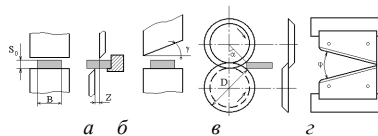


Рис. 39. Схемы резки листового металла с помощью ножниц: а – ножницы с параллельными ножами; б – гильотинные ножницы; в – дисковые ножницы; г – вибрационные ножницы

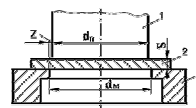


Рис. 40. Схема вырубki в вырубном штампе: 1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – матрица  
Большое влияние на деформацию металла и энергосиловые параметры оказывает выбор зазора  $z = (5-10$

$\%) \cdot S$  поверхности сдвига и трещины со стороны пуансона совпадают с соответствующими трещинами со стороны матрицы. При малом

зазоре и большой толщине металла от несовпадения трещин образуется кольцевая перемычка, которая перерезается с возникновением новых скалывающих трещин и на детали образуются дефекты: надрыв и двойной срез с протянутым заусенцем.

Разделительные операции применяются для раскроя листовых материалов, под которым понимают принятое расположение штампуемых деталей (заготовок) на листе, полосе или ленте. При этом раскрой должен обеспечивать минимальный расход металла, простоту конструирования штампа и высокую производительность. При резке листа различают поперечный, продольный и комбинированный виды раскроя, при резке полос – раскрой с отходами с частичными отходами и безотходный вид раскроя. Потери при раскрое зависят от геометрической формы детали, некрайности листового материала, величины перемычек (межконтурных и внешних) и припусков на обрезку. Выделяют также различные виды раскроя: многорядный, наклонный, встречный, и др. Выбор варианта раскроя позволяет оптимизировать процесс и получить наиболее высокий коэффициент использования металла, который в общем случае определяется как отношение суммарной площади готовых деталей к площади заготовки.

*Гибка* – это технологическая операция листовой штамповки, в результате которой из плоской заготовки при помощи штампов по-

лучают изогнутую пространственную деталь (рис. 41). Различают одноугловую, двухугловую и многоугловую гибку. В процессе гибки слои (волокна) металла, расположенные у внутренней поверхности испытывают сжатие в продольном направлении и растяжение в поперечном, а слои, расположенные у внешней поверхности, – растяжение в продольном направлении и сжатие в поперечном. Типовым эффектом является разрыв растянутых волокон на угле гибки при больших степенях деформации.

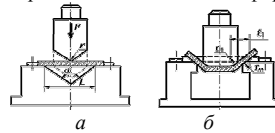


Рис. 41. Схема одноугловой (а) и двухугловой (б) гибки

Последовательность процесса одноугловой гибки включает 3 стадии: упругого изгиба, упруго-пластического изгиба и калибровки. При этом происходит постепенное уменьшение радиуса кривизны и плеча изгиба.

При проведении гибочных операций необходимо всегда учитывать наличие упругих деформаций материала, вследствие которых форма изделия после гибки отличается от формы штампа. Для получения заданного угла и радиуса после второй стадии гибки необходимо угол и радиус на штампе (на пуансоне) уменьшать на величину пружинения.

**Вытяжка** – это технологическая операция ЛШ, заключающаяся в пре- вращении плоской или полый заготовки в открытое сверху полой замкнутого контура. По геометрической форме получаемых деталей выделяют вытяжку изделий осесимметричной, коробчатой и сложной несимметричной формы. Кроме того, различают вытяжку с прижимом и без прижима, а также с утонением и без утонения стенок.

Вытяжкой, таким образом, получают детали различных конфигураций в плане и профилей в осевом сечении. Различают первый переход вытяжки, превращающий плоскую заготовку в пространственную деталь или полуфабрикат, и последующие переходы, в которых происходит дальнейшее формо- изменение полого полуфабриката, т. е. увеличение его высоты при одновременном уменьшении поперечного сечения.

Схема вытяжки без прижима приведена на рис. 42. Последовательность формоизменения следующая. Пуансон, воздействуя на центральную часть заготовки (рис. 42, а), вызывает ее прогиб за счет создания изгибающего момента со стороны матрицы и пуансона. Дальнейшее опускание пуансона приводит к появлению радиальных растягивающих напряжений, достаточных для перевода фланцевой части заготовки в пластическое состояние. С этого момента начинается втягивание заготовки в матрицу с образованием боковых поверхностей вытягиваемого изделия при одновременном уменьшении диаметра заготовки. Действие радиальных растягивающих напряжений от приводит к тому, что во фланце в тангенциальном (широтном) направлении возникают сжимающие напряжения σθ. Совместное действие этих напряжений обеспечивает втягивание фланца в отверстие матрицы и получение изделия (рис. 42, б).

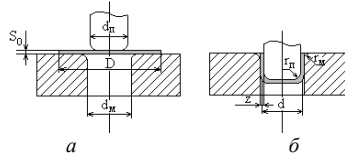


Рис. 42. Схема вытяжки: а – до деформации; б – после деформации

За одну операцию вытяжки можно получить одну неглубокую деталь, так как при больших степенях вытяжки в опасных зонах (переход от фланца к стенке и от стенки к дну) величина радиальных растягивающих напряжений может превышать максимальную для от стенок детали.

Процесс **отбортовки** отверстий (рис. 43) заключается в образовании в плоском или полой изделии с предварительно пробитым (просверленным) отверстием отверстия большего размера с цилиндрическими бортами или бортами другой формы.

Характеристикой деформации при отбортовке служит коэффициент от- бортовки  $K_0$ , определяемый как отношение диаметра предварительно пробитого отверстия  $d_0$  к диаметру отбортованного отверстия  $D$ . Типовым дефек- том при отбортовке считается появление трещин на краю борта.

**Раздача** (растяжка) – это операция листовой формовки, предназначенная для увеличения краевой части полой цилиндрической заготовки (рис. 44, а). К разновидностям данной операции относятся раздача коническим пуансоном, раздача резиновым пуансоном и раздача с помощью жидкости (гидравлическая).

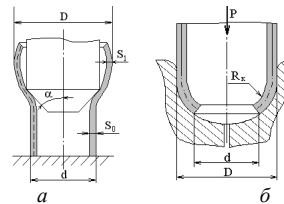


Рис. 44. Схемы раздачи (а) и обжима (б)

**Обжим** (обжимка) – это операция листовой формовки, предназначенная для уменьшения поперечных размеров краевой части полых цилиндрических деталей (рис. 44, б). Применяется для изготовления деталей типа горловин и патронных гильз и проводится, как правило, с применением смазок. В качестве разновидностей операции можно выделить обжим трубчатых сечений (редуцирование на ротационно- обжимных машинах) и обжим полых деталей, производимый вертикальным давлением на механических прессах.

**Чеканка** предназначена для получения рельефного рисунка на листовой заготовке и, в основном, используется для изделий художественного назначения. Для деформации применяются специальные чеканочные прессы.

## Раздел 4. Специализированные процессы ОМД

### Тема 4.1. Метизное производство (Дискуссия 2 ч.)

Метизами называют холоднштампованные изделия, получаемые операцией высадки, имеющие характерную форму (стержень с утолщением).

К ним относят болты, гайки, гвозди, заклепки, шурупы и т. д. Так как потребность в них достаточно велика, то для производства используются холодновысадочные автоматы, в технической характеристике которых основным параметром является наибольший диаметр круглой заготовки (пруток, проволока), который не превышает 25–30 мм.

Основной операцией при производстве изделий, имеющих стержневую часть и головку (к которым и относятся метизы), является высадка. Высадка это операция осадки заготовки на части ее длины.

При высадке применяются различные типы ручьев: наборные, формовочные, гибочные, отрезные и др. Основным условием высадки сплошного стержня является  $H/d < 2,5$ , из которого выбирается длина высаживаемой части. Схема высадки показана на рис. 45.

Холодновысадочные автоматы классифицируются по назначению: гвоздильные, гайковывсадочные, болтовывсадочные а также по количеству переходов, необходимых для высадки: одно- двух-, трехударные и многопозиционные. В одноударном автомате высадка изделия происходит за один ход ползуна, соответственно, для двухударного – за два. Многопозиционные автоматы характеризуются тем, что изделие изготавливается за несколько переходов при одном ходе

ползуна. К последним относятся, например, гайко-высадочные для холодной высадки гаек размером до М27. В болтовывсадочных автоматах реализуются такие технологические операции, как высадка цилиндрической головки болта (за 2 удара), обрезка 6 граней, подрезка торца и накатка резьбы.

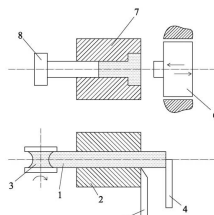


Рис. 45. Схема высадки на холодновывсадочном автомате: 1 – заготовка; 2 –отрезная матрица; 3 – ролик подачи; 4 – регулируемый упор; 5 – отрезной нож; 6 – высадочный пуансон; 7 – высадочная матрица; 8 – ползун

В кинематической схеме одноударного холодновывсадочного автомата (рис. 45) основным механизмом является кривошипно-шатунный механизм, который позволяет осуществить возвратно-поступательное движение заготовки в горизонтальной плоскости. При этом проволока 1 из бунта механизмом 3 роликотдачи перемещается в отрезную матрицу 2 до регулируемого упора 4. Приводным ножом 5 производится отрезка заготовки на заданную длину, затем она перемещается на линию высадки и высадочным пуансоном 6 заталкивается в высадочную матрицу 7. Далее происходит высадка и при обратном ходе ползуна 8 изделие выталкивается из матрицы и цикл повторяется снова.

## Тема 4.2. Производство гнутых профилей (Дискуссия 2 ч.)

Гнутые профили – это один из высокоэкономичных видов металлопродукции, изготавливаемый методом профилирования листов, полос и лент на профилегибочных агрегатах.

Процесс профилирования заключается в последовательной подгибке (рис. 46) и формовке листовой стали до требуемой конфигурации готового профиля в фасонных калибрах валков профилегибочного стана. Гнутые профили проката можно изготавливать самой разнообразной конфигурации поперечного сечения, в том числе и замкнутой и полузамкнутой форм, из цветных металлов и сплавов, углеродистой, низкоуглеродистой и легированной сталей шириной заготовки до 2000 мм, толщиной до 8–20 мм и длиной до 12 м.

Форма гнутых профилей может быть самая разнообразная (рис. 47), причем изготавливают профили с просечкой, с перфорацией, с ребрами жесткости, сварные, покрытые пластиком и др.

По видам выделяют профили общего назначения (88 %), профилированные оцинкованный настил (11 %), сварные замкнутые профили (0,6 %), перфорированные профили (0,4 %).

Потребление по отраслям таково:

- строительство (26,6 %);
- автомобилестроение (25,9 %);
- тяжелое и транспортное машиностроение (18,3 %);
- сельхозмашиностроение (17,4 %);
- другие (11,8 %).

К преимуществам производства гнутых профилей относятся следующие:

1. Возможность получения фасонных профилей с наиболее рациональным распределением металла по сечению, высоким качеством поверхности при максимальной прочности (прочность увеличивается за счет наклепа на 10–15 %) и жесткости и минимальном расходе металла.

2. Возможность создания новых типов конструкций.

3. Замена обычных профилей на гнутые, при этом устраняются затраты на механическую обработку и другие потери; КИМ при профилировании составляет в среднем 99,7 % и брак бывает в 3–5 раз меньше, чем при сортовой горячей прокатке.

Оборудование для получения гнутых профилей классифицируется по назначению (общего назначения и специальные) и способу профилирования:

- с непрерывным процессом профилирования;
- с поштучным процессом профилирования;
- с комбинированным процессом профилирования (непрерывным и поштучным);
- с порулонным процессом профилирования.

На профилегибочных агрегатах с непрерывным процессом профилирования используется заготовка в виде «бесконечной полосы», образованная сваркой рулонов, при этом заготовка в процессе деформации находится одновременно во всех клетях стана, а на мерные длины разрезается готовый профиль. Для профилегибочных агрегатов с поштучной обработкой характерно профилирование отдельных полос, имеющих длину готового профиля.

При этом возрастает скорость обработки (до 180 м/мин), упрощается конструкция режущих устройств, отсутствует оборудование для стыковой сварки, гратосниматели, петлеобразователи и другие, однако режимы формовки менее интенсивны, увеличивается число технологических переходов, трудоемкость процесса и энергозатраты. Недостатки и тех и других агрегатов устраняются при использовании агрегатов 3-й группы, однако их целесообразно применять при наличии в сорimente замкнутых (не сварных) и полузамкнутых профилей несложной формы сечения с толщиной более 5 мм. В агрегатах с порулонным процессом профилирования технология непрерывного процесса сохраняется, при этом для резки готового профиля используются летучие ножницы. Эти агрегаты экономичны при производстве профилей с малыми толщинами и большой шириной.

Типовой агрегат с непрерывным процессом профилирования состоит из следующих элементов: загрузочной тележки, предназначенной для установки на ось барабана размотывателя; самого размотывателя; правильной машины; ножниц с верхним резом для поперечной обрезки переднего и задних концов; стыковсварочной машины с гратоснимателем резового типа; петлеобразователя для создания запаса полосы, необходимого для обеспечения непрерывного режима работы; еще одной правильной машины для задачи переднего конца полосы в профилегибочный стан на заправочной скорости (0,5 м/с); холостого рольганга; промасливающей машины для нанесения смазки на заготовки; формовочного стана, состоящего из 14 основных и 3 дополнительных формовочных клетей (диаметр вала валков 115 мм, высота формовки 120 мм, скорость профилирования 0,5–2,5 м/с), между которыми имеются вертикальные направляющие ролики; правильно-калибровочных клетей, которые выправляют профиль, скрученный вдоль оси прокатки; летучих ножниц, предназначенных для резки в потоке на мерные длины профилей открытого типа; летучей пилы, предназначенной для резки закрытых профилей; установки для пневматического удаления (сдува) эмульсии; участка контроля качества профилей; промасливающей машины для готовых профилей; цепного шлеппера, предназначенного для уборки с рольганга профилей, набора их в ряд и передачи на рольганг кантователя; кантователя, предназначенного для поворота на 180° ряда профилей; скребкового рольганга с толкателем для укладки пакета на укладчик; укладчика, состоящий из подъемного стола, передвижного упора, механизма вертикального и горизонтального перемещений и опорной тележки (наибольшая масса пакета – 5 т, длина пакета составляет от 3 до 12 м, высота – 800 мм).

Различают следующие схемы формовки:

- изгиб с растяжением, который применяют для пластичных материалов (относительное удлинение больше 18 %);
- изгиб со сжатием, который применяют для профилей с внутренними радиусами кривизны в местах изгиба, равными или близкими к толщине металла из малоэластичных сплавов;
- изгиб с обжатием мест изгиба по толщине для увеличения плотности соприкосновения элементов двойной толщины при подгибке

### Тема 4.3. Совмещенные процессы производства металлоизделий

В области производства изделий из цветных металлов и сплавов можно выделить простые и сложные (интегральные) процессы обработки. Под простыми процессами понимают такие, которые включают один цикл обработки металла в одном очаге деформации (литья) без смены направления течения металла или приложения нагрузки. Интегральные процессы включают несколько воздействий (операций) в одном очаге деформации либо комбинацию их со сменой направления перемещения металла. Для классификации многообразия операций обработки цветных металлов и сплавов следует рассмотреть, каким образом при взаимодействии простых процессов образуется новый интегральный процесс, обладающий уже новым комплексом свойств и, как правило, исключающий недостатки совмещаемых (комбинируемых).

Базовым процессом назовем такой, при котором во время приложения нагрузки внешнее распределение силы и ее направление на поверхности очага пластической деформации (кристаллизации) не изменяется. Основными базовыми процессами для обработки металлов являются литье, прокатка, прессование, волочение, осадка, кручение, а также компактирование и термообработка.

Тогда комбинированным процессом обработки будем считать комбинацию двух и более базовых процессов, при котором происходит интегральное наложение нагрузок в одном очаге деформации, иногда и со сменой направления течения металла. Типовым примером такого комбинированного процесса можно считать, например, прокатку-волочение, когда прокатка ведется с натяжением конца полосы. При этом в зависимости от величины натяжения прокатка-волочение (рис. 49, а) может в предельном случае превращаться в волочение-прокатку (рис. 49, б), когда удельный вес процесса вытягивания превалирует над процессом обжатия в валках.

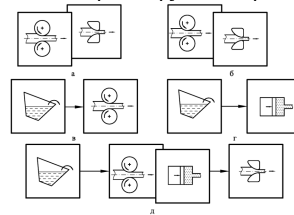


Рис. 49. Схемы комбинированных (а, б), совмещенных (в, з) и совмещенно-комбинированных (д) процессов обработки металлов

Совмещенный процесс является более сложным и характеризуется разделением базовых процессов во времени или пространстве. Такими типовыми процессами считаются литье и прокатка (рис. 49, в), когда заготовку получают с помощью кристаллизатора, а затем прокатывают на непрерывном стане, или литье и прессование, когда ее подвергают непрерывному экструдированию. Возможна также схема бесслитковой обработки металла. В данном случае процессы обработки металла выстраиваются последовательно и только после окончания одного из них начинается следующий. В качестве таких процессов выделяют, например, совмещенный процесс литья, прокатки, фрезеровки и отжига ленты и считают, что именно с применением таких процессов можно добиться радикального повышения экономичности производства и качества продукции.

В последние годы имеется тенденция в создании совмещенно-комбинированных процессов, когда на каждом последовательном этапе обработки может применяться комбинированный процесс. Примером реализации такого процесса может быть процесс, когда на одной установке осуществляются одновременно операции литья-кристаллизации, прокатки-прессования, охлаждения и смотки готовых пресс-изделий в бухту с калибровкой готового изделия на заданный диаметр (рис. 49, д).

Таким образом, с использованием предлагаемого представления можно достаточно просто и точно классифицировать интегральные процессы по обработке цветных металлов и сплавов, которые в настоящее время все более усложняются, становясь многофункциональными и непрерывными. При этом на привычные сочетания операций обработки металлов могут накладываться особые виды обработки, например, такие как магнито-импульсная, вибрационная, термо-механическая и др.

Схема классификации таких процессов обработки цветных металлов и сплавов показана на рис. 50. Она позволяет учитывать особенности реализации конкретных технологических схем. Следует отметить, что в данной схеме приведены лишь некоторые виды обработки, которые в настоящее время находят практическое применение и являются, на наш взгляд, наиболее перспективными. При этом она может быть дополнена и усовершенствована при появлении новых разновидностей таких процессов.

Таким образом, одной из основных тенденций развития процессов обработки цветных металлов и сплавов является совмещение операций литья и обработки металлов давлением, а также комбинирование нескольких схем нагружения металла.

Наибольший интерес представляют конструкции устройств на базе процессов совмещения прокатки и прессования, характеризующиеся не большими энергозатратами, простотой конструкции деформирующего узла и разнообразием сортамента получаемой продукции. Предложенные новые технические решения позволяют сделать процесс прокатки-прессования более устойчивым и сохранить все его вышеуказанные преимущества.

Предложенные конструкции по сортаменту производимой продукции и назначению можно разделить на три основные группы: устройства для производства профилей и проволоки; устройства для получения труб; универсальные устройства, позволяющие изготавливать профили, трубы, прутки и проволоку.

Устройства, показанные на рис. 51, а, относятся к первой группе и позволяют получать пресс-изделия преимущественно из алюминиевых и медных сплавов. Основным техническим решением, характерным для первого устройства, является значительное увеличение активных сил трения за счет применения закрытого балочного калибра с глубоким врезом закрытого ручья в валок. Это значительно повышает устойчивость процесса, однако сложная форма калибра требует точного изготовления матрицы и контролируемого усилия прижима последней к валкам.

С целью усовершенствования данного устройства предложена схема, показанная на рис. 51, б, с применением ящичного калибра прямоугольного сечения с заданным отношением диаметров по гребню и выступу валков фиксированной величиной удаления матрицы от общей вертикальной оси валков и возможностью установки матрицы под определенным углом к этой оси.

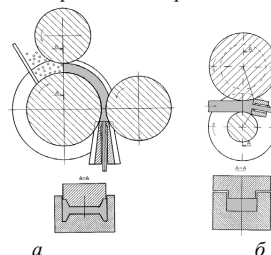


Рис. 51. Устройства для получения профилей и проволоки из цветных металлов и сплавов: а – из порошковых материалов; б – из литой заготовки

Для получения труб с помощью совмещенной прокатки-прессования разработаны две основные схемы, показанные на рис. 52. По первому варианту устройство для получения сварных труб (рис. 52, а) преимущественно из алюминиевых сплавов включает два вала, образующих закрытый калибр с отношением диаметров по дну ручья и гребню выступа в диапазоне 0,6–1,0 и перекрытых на выходе из калибра матрицей, установленной на определенном расстоянии от плоскости, проходящей через оси валков.

Для получения пресс-изделий со сваркой применяют комбинированную матрицу. С целью повышения качества изделий на донной поверхности ручья и наружной поверхности гребня валков выполнены кольцевые канавки с параллельными стенками, причем эти поверхности выполнены с образующими, наклоненными к осям вращения соответствующих валков по острым углам, встречно обращенным для каждого из валков своими вершинами.

На матрице перед питающими каналами выполнены выступы, размещенные в образованном наружными и боковыми поверхностями выступающего гребня и ручья упомянутых валков пространстве, при этом наружные поверхности выступающего гребня валка и дна ручья в зоне их сопряжения с боковыми поверхностями выступающего гребня и ручья расположены с возможностью контакта.

В процессе работы устройства заготовка поступает в кольцевые канавки валков, а затем подается в очаг деформации, рассекается на два потока и перед упорами затекает через питающие каналы в камеру сварки. В последней потоки металла свариваются и деформируются, выдавливаясь через матрицу с иглой в виде трубы.

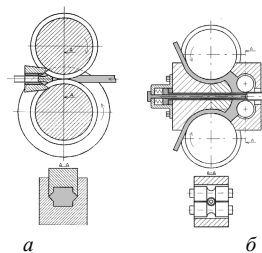


Рис. 52. Устройства для получения сварных труб (а) и длинномерных полых изделий (б)

Конструкция устройства по второму варианту, предназначенного для получения длинномерных изделий из алюминия (рис. 52, б), содержит два валка с каналами, матрицу, иглу, запирающий и упорный блоки. Матрица может быть выполнена в виде приводного валкового узла, а игла – телескопической, что позволяет получать трубы с изменяющейся толщиной стенки. Основным отличием от первого варианта является то, что прокатку ведут с использованием двух заготовок, задаваемых в калибр одновременно, а игла и матрица конструктивно разделены на отдельные узлы. Это дает возможность более гибкого построения технологического процесса и увеличения стойкости инструмента. В процессе работы две заготовки прямоугольного сечения одновременно задаются в калибр валков, где происходит их обжатие, продвижение до упоров, распрессовка с полным заполнением каналов и последующее поступление в камеру сварки. По мере поступления металла создается давление, необходимое для экструдирования изделия.

Процессы непрерывного литья появились в середине девятнадцатого века, при этом начали формироваться наиболее общие, традиционные способы непрерывных процессов, совмещающих плавку, литьё и дальнейшую обработку металлов давлением или резанием. Одним из первых совмещенных способов считается процесс введения непрерывно отлитой заготовки в нагретом состоянии в прокатный стан, где значительно уменьшалось её поперечное сечение, и сама заготовка соответствующим образом профилировалась. При этом создаётся возможность в течение длительного времени вести обработку горячего металла, в связи с чем можно применять большие обжатия за один проход, а меньшая скорость прокатки компенсируется более интенсивной деформацией. С развитием производства в последующие годы появилась возможность увеличивать скорость литья и использовать в совмещённых процессах не только прокатные станы различных конструкций, но и установки непрерывного прессования.

На основе традиционных способов ведения непрерывных процессов были созданы мощные технологические линии, совмещающие плавку, литьё и прокатку, а оборудование для реализации совмещенного процесса названо литейно-прокатными агрегатами (ЛПА). Начиная с середины двадцатого века для осуществления совмещённых процессов плавки, литья, прокатки и других операций при производстве полуфабрикатов и готовых изделий из цветных металлов и их сплавов создаются мощные, высокосовременные и автоматизированные агрегаты на базе горизонтальных графитовых и металлических кристаллизаторов скольжения, роторных, ленточных и валковых кристаллизаторов. Уже к середине восьмидесятых годов использование этих агрегатов обеспечивало выпуск высококачественных катанки и ленты, объём которых значительно превысил потребности многих стран.

Все промышленные линии независимо от типа применяемого в них кристаллизатора имеют общую структуру, а их конструктивные различия определяются видом получаемого изделия, типом применяемых литейных машин, производительностью агрегатов в целом. Наиболее просты по конструкции горизонтальные кристаллизаторы скольжения и агрегаты на их основе. Особенностью непрерывного литья через такой кристаллизатор с графитовыми вставками является сравнительно низкая скорость движения отлитой заготовки.

Одним из методов решения проблемы совмещения процессов литья и прокатки является использование станов периодической прокатки, дающих возможность вводить в зону деформации заготовки с пониженной скоростью и обеспечивающих высокую степень обжатия за один проход. Однако при прокатке на таких станах не обеспечивается оптимального распределения деформаций, что в ряде случаев приводит к возникновению дефектов прокатываемого материала. Недостатком конструкции стана является соприкосновение рабочих валков с материалом при прокатке в обоих направлениях их движения. Считается, что способ литья через графитовый кристаллизатор будет непрерывно развиваться. Однако агрегатов для совмещённого литья и прокатки на основе установок этого типа не так уж много. И это обусловлено, прежде всего, более низким, чем в кристаллизаторах с подвижными стенками, скоростями литья.



#### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Изучение теплового эффекта при пластическом деформировании	10	-
2	3.	Определение деформационных характеристик в процессе ОМД	10	-
3	3.	Механические схемы деформации	14	-
<b>ИТОГО</b>			34	-

#### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	3.	Штамповка	2	-
2	3.	Разработка технологического процесса горячей объемной штамповки (ГОШ) на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) в закрытых штампах	5	-
3	3.	Проектирование технологического процесса получения поковок методом ГОШ на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ)	2	-
4	3.	Проектирование технологического процесса получения поковок методом холодного выдавливания	2	-
5	3.	Разработка технологического процесса получения заготовки методом листовой штамповки (вытяжки)	6	-
<b>ИТОГО</b>			17	-

#### 4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

Учебным планом не предусмотрено.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ПК</i>				
		<i>16</i>				
1. Классификация процессов ОМД	7	+	1	7	Лк, СР	Экзамен
2. Основы технологических процессов прокатки, прессования и волочения	48	+	1	48	Лк, ЛР, СР	Экзамен
3. Основы технологических процессов ковки и штамповки	73	+	1	73	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен
4. Специализированные процессы ОМД	25	+	1	25	Лк, СР	Экзамен
<b><i>всего часов</i></b>	<b>153</b>	<b>153</b>	<b>1</b>	<b>153</b>		



## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Сафонов, С. О. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов обработки металлов давлением: учебное пособие / С.О. Сафонов, А.С. Янющкин, Е.Д. Лосев. - Братск: БрГУ, 2007. - 90 с.
2. Обработка металлов давлением: учебное пособие / Ю. Ф. Шевакин [и др.]. - Москва : Интермет Инжиниринг, 2005. - 497 с.
3. Основы теории обработки металлов давлением: учебник / И. И. Иванов, А. В. Соколов, В. С. Соколов и др. - Москва : ФОРУМ, 2007. - 144 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование издания	Вид занятия	Кол-во экз. в библ., шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
<b>Основная литература</b>				
1.	Технологические процессы в машиностроении: учебник / С. И. Богодухов [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 624 с.	Лк, ЛР, СР	10	0,5
2.	Константинов, И.Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением : учебник / И.Л. Константинов, С.Б. Сидельников ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015. - 488 с. : табл., схем., граф., ил. - Библиогр.: с. 467-471 - ISBN 978-5-7638-3166-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=435694">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=435694</a>	Лк, ЛР, СР	ЭР	1
3.	Килов, А.С. Практикум по заготовительно-штамповочному производству и обработке металлов давлением: учебное пособие / А.С. Килов, И.Ш. Тавтилов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский Государственный Университет, Кафедра материаловедения и технологии материалов. - Оренбург : ОГУ, 2016. - 148 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1605-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=468812">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=468812</a>	Лк, СР	ЭР	1
<b>Дополнительная литература</b>				
4.	Кузнецов, В.Г. Обработка материалов давлением : учебное пособие / В.Г. Кузнецов, Ф.А. Гарифуллин, Г.С. Дьяконов ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : КНИТУ, 2012. - 196 с. : ил., табл., схем. - ISBN 978-5-7882-1238-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=258445">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=258445</a>	Лк, ЛР, ПЗ, СР	ЭР	1
5.	Сафонов, С. О. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов обработки металлов давлением: учебное пособие / С.О. Сафонов, А.С. Янющкин, Е.Д. Лосев. - Братск: БрГУ, 2007. - 90 с.	ПЗ, СР	81	1,0

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ [http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).
2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog>.
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru>.
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com>.
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru>.
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>.
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/>.
8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/>.

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Номер раздела Основные положения раздела, рекомендуемые для СР	Рекомендуемая литература	Форма отчета	Всего часов
1.	<b>1. Классификация процессов ОМД</b> 1.1. Классификация процессов ОМД	[1]	Экзамен	3
2.	<b>2. Основы технологических процессов прокатки, прес-сования и волочения</b> 2.1. Прокатное производство 2.2. Прессовое производство 2.3. Волочильное производство	[1], [2], [4] [1], [2], [4] [1], [2], [4]	Экзамен, ЛР 1	26
3.	<b>3. Основы технологических процессов ковки и штамповки</b> 3.1. Ковка 3.2. Объемная штамповка 3.3. Листовая штамповка	[1], [4], [5] [1], [4], [5] [1], [4], [5]	Экзамен, ЛР 2, 3 ПЗ 1...5	20
4.	<b>4. Специализированные процессы ОМД</b> 4.1. Метизное производство 4.2. Производство гнутых профилей 4.3. Совмещенные процессы металлоизделий	[1], [2], [3], [4] [1], [2], [3], [4] [1], [2], [3], [4]	Экзамен	19
<b>ИТОГО</b>				<b>68</b>

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных и практических работ

#### Лабораторная работа № 1

#### Изучение теплового эффекта при пластическом деформировании

*Цель работы:* установить (зафиксировать) факт существования теплового эффекта и его зависимость от физикомеханических свойств металла (марки сплава) и интенсивности пластического деформирования (степени деформации).

*Порядок выполнения работы:*

- Изучить тепловой эффект на примере осадки цилиндрических образцов из различных марок сплавов (алюминиевых, медных, сталей) на кривошипном прессе (время деформирования -0,1 сек).
- Результаты измерений занести в сводную таблицу.
- По данным сводной таблицы построить график зависимости теплового эффекта от степени деформации (работы деформации) для алюминиевых образцов.
- В заключении провести анализ данных таблицы и графиков, на основе чего сделать выводы о наличии теплового эффекта и его зависимости от степени деформации и физико-механических свойств материала образцов.

*Оборудование и инструмент:*

- Хромель калиевые термпары.
- Измерительный потенциометр.

*Структура и содержание отчета:*

- Название лабораторной работы.
- Цель работы.
- Порядок выполнения работы.
- Оборудование и инструмент.
- Схема испытания, определение теплового эффекта.
- Сводная таблица
- Экспериментальный и расчетный графики
- Выводы по работе.

*Задания для самостоятельной работы:*

- Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний;
- Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

*Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:*

проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников.

*Основная литература*

- Технологические процессы в машиностроении : учебник / С. И. Богодухов [и др.]. - Старый Оскол : ТНТ, 2011. - 624 с.
- Константинов, И.Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением : учебник / И.Л. Константинов, С.Б. Сидельников ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015. - 488 с. : табл., схем., граф., ил. - Библиогр.: с. 467-471 - ISBN 978-5-7638-3166-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435694>

*Дополнительная литература*

- Кузнецов, В.Г. Обработка материалов давлением : учебное пособие / В.Г. Кузнецов, Ф.А. Гарифуллин, Г.С. Дьяконов ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : КНИТУ, 2012. - 196 с. : ил., табл., схем. - ISBN 978-5-7882-1238-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258445>

*Контрольные вопросы для самопроверки:*

- Как производится измерение температуры при пластическом деформировании?
- Для чего необходимо учитывать тепловой эффект в ОМД?

## Лабораторная работа № 2

### Определение деформационных характеристик в процессе ОМД

*Цель работы:* получить практические навыки в определении деформационных характеристик в процессах ОМД.

*Порядок выполнения работы:*

1. Измерить геометрические размеры образцов в исходном состоянии;
2. Подвергнуть образцы пластическому деформированию;
3. Замерить конечные размеры;
4. Вычислить деформационные характеристики и осуществлять проверку правильности их определения. Для замера исходных и конечных размеров на образцы наносятся риски. Измерения производятся с точностью не ниже 0,01 мм.

*Оборудование и инструмент:*

1. Устройство деформации.
2. Микрометр.
3. Образцы разной геометрической формы.

*Структура и содержание отчета:*

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Порядок выполнения работы.
4. Оборудование и инструмент.
5. Эскиз деформируемого образца.
6. Технологическая схема испытания (деформирования).
7. Таблица исходных и конечных размеров образца в целом или его характерных размеров между рисками.
8. Результаты вычислений абсолютных, относительных, истинных деформаций и коэффициентов деформаций.
9. Сводная таблица деформационных характеристик.
10. Результаты проверки правильности определения деформационных характеристик.

*Задания для самостоятельной работы:*

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний;
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

*Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:*

проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников.

*Основная литература*

1. Технологические процессы в машиностроении : учебник / С. И. Богодухов [и др.]. - Старый Оскол : ТНТ, 2011. - 624 с.
2. Константинов, И.Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением : учебник / И.Л. Константинов, С.Б. Сидельников ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский федеральный университет. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015. - 488 с. : табл., схем., граф., ил. - Библиогр.: с. 467-471 - ISBN 978-5-7638-3166-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435694>

*Дополнительная литература*

3. Кузнецов, В.Г. Обработка материалов давлением : учебное пособие / В.Г. Кузнецов, Ф.А. Гарифуллин, Г.С. Дьяконов ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : КНИТУ, 2012. - 196 с. : ил., табл., схем. - ISBN 978-5-7882-1238-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258445>

*Контрольные вопросы для самопроверки:*

1. Что такое деформация?
2. В чем отличие абсолютной и относительной деформации?
3. В чем заключается закон постоянства объема?

## Лабораторная работа № 3

### Механические схемы деформации

*Цель работы:* изучить влияние механических схем деформаций (МСД) на предельную пластичность металла и сопротивление пластическому деформированию.

*Порядок выполнения работы:*

1. Провести испытание цилиндрических образцов из одного и того же материала по двум схемам: простого растяжения и растяжения с наложением сжимающих напряжений. Предварительно на рабочей длине образца наносятся две риски с расстоянием между ними  $l_0$  (не менее 40 мм) и производятся измерения исходных размеров образцов  $d_0$  и  $l_0$ . Результаты замеров заносятся в сводную таблицу.
2. После испытания на растяжение произвести замеры конечных размеров образцов  $l_k$  и  $d_k$  (в шейке) и вычисляются значения показателей  $\sigma$  и  $\psi$ . В процессе испытания фиксируется значение  $R_{max}$ . Результаты измерений и вычислений заносятся в таблицу.
3. По результатам вычислений сделать вывод о влиянии МСД на предельную пластичность.
4. Осуществить процессы волочения и прессования с записью диаграммы: «Усилие - путь деформирования» и фиксацией максимального усилия  $R_{max}$ .
5. По результатам полученных значений  $R_{max}$  делается вывод о влиянии МСД на сопротивление пластическому деформированию.

*Оборудование и инструмент:*

1. Устройство для растяжения.
2. Волока.

*Структура и содержание отчета:*

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Порядок выполнения работы.
4. Оборудование и инструмент.
5. Технологические схемы испытания цилиндрических образцов на простое растяжение и растяжение с наложением сжимающих напряжений.
6. Технологические схемы прессования и волочения.
7. Результаты расчетов.
8. Выводы по работе.

*Задания для самостоятельной работы:*

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний;
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

*Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:*

проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников.

*Основная литература*

1. Технологические процессы в машиностроении : учебник / С. И. Богодухов [и др.]. - Старый Оскол : ТНТ, 2011. - 624 с.
2. Константинов, И.Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением : учебник / И.Л. Константинов, С.Б. Сидельников ;

Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015. - 488 с. : табл., схем., граф., ил. - Библиогр.: с. 467-471 - ISBN 978-5-7638-3166-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435694>

*Дополнительная литература*

3. Кузнецов, В.Г. Обработка материалов давлением : учебное пособие / В.Г. Кузнецов, Ф.А. Гарифуллин, Г.С. Дьяконов ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : КНИТУ, 2012. - 196 с. : ил., табл., схем. - ISBN 978-5-7882-1238-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258445>

*Контрольные вопросы для самопроверки:*

1. Дайте определение механической схемы деформаций?
2. Для чего изучается влияние механической схемы деформации на сопротивление деформированию?

## Практическое занятие №1

### Штамповка

*Цель работы:* получение навыков проектирования технологических процессов штамповки.

*Задание:* разработать технологический процесс получения поковки по способу ГОШ (горячей объемной штамповки) на молотах.

*Порядок выполнения:*

1. Разработать чертеж элементов проектирования поковки.
2. Разработать чертеж поковки.
3. Разработать чертеж молотого штампа, т. е. инструмент для получения поковки.

*Форма отчетности:*

Отчет по практическому занятию должен содержать: цель, задание, разработка всех необходимых этапов, выводы.

*Задания для самостоятельной работы:*

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний;
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

*Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:*

Проработка основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников.

*Основная литература*

1. Кузнецов, В.Г. Обработка материалов давлением : учебное пособие / В.Г. Кузнецов, Ф.А. Гарифуллин, Г.С. Дьяконов ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : КНИТУ, 2012. - 196 с. : ил., табл., схем. - ISBN 978-5-7882-1238-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258445>

*Дополнительная литература*

2. Сафонов, С. О. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов обработки металлов давлением: учебное пособие / С.О. Сафонов, А.С. Янюшкин, Е.Д. Лосев. - Братск: БрГУ, 2007. - 90 с.

*Контрольные вопросы для самопроверки*

1. В чем заключается технологический процесс штамповки?
2. Как определить степень сложности поковки?

## Практическое занятие №2

### Разработка технологического процесса горячей объемной штамповки (ГОШ) на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) в закрытых штампах

*Цель работы:* получение навыков проектирования технологического процесса горячей объемной штамповки (ГОШ) на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) в закрытых штампах

*Задание:* Разработать технологический процесс горячей объемной штамповки (ГОШ) на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) в закрытых штампах.

*Порядок выполнения:*

1. Разработать чертеж элементов проектирования поковки.
2. Разработать чертеж поковки.
3. Разработать чертеж штампа.

*Форма отчетности:*

Отчет по практическому занятию должен содержать: цель, задание, расчеты всех необходимых этапов, выводы.

*Задания для самостоятельной работы:*

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний;
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

*Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:*

Проработка основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников.

*Основная литература*

1. Кузнецов, В.Г. Обработка материалов давлением : учебное пособие / В.Г. Кузнецов, Ф.А. Гарифуллин, Г.С. Дьяконов ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : КНИТУ, 2012. - 196 с. : ил., табл., схем. - ISBN 978-5-7882-1238-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258445>

*Дополнительная литература*

2. Сафонов, С. О. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов обработки металлов давлением: учебное пособие / С.О. Сафонов, А.С. Янюшкин, Е.Д. Лосев. - Братск: БрГУ, 2007. - 90 с.

*Контрольные вопросы для самопроверки*

1. Каковы преимущества и недостатки штамповки на КГШП в сравнении с молотовой?
2. Какие особенности учитываются при проектировании штампа?

## Практическое занятие №3

### Проектирование технологического процесса получения поковок методом ГОШ на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ)

*Цель работы:* получение навыков проектирования технологических процессов получения поковок методом ГОШ на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).

*Задание:* спроектировать технологический процесс получения поковок методом ГОШ на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).

*Порядок выполнения:*

1. Выбрать тип заготовки.

2. Назначить допуски и припуски;
3. Выбрать ручей штампа на ГКМ для детали типа «кольцо».

*Форма отчетности:*

Отчет по практическому занятию должен содержать: цель, задание, расчеты всех необходимых этапов, выводы.

*Задания для самостоятельной работы:*

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний;
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

*Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:*

Проработка основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников.

*Основная литература*

1. Кузнецов, В.Г. Обработка материалов давлением : учебное пособие / В.Г. Кузнецов, Ф.А. Гарифуллин, Г.С. Дьяконов ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : КНИТУ, 2012. - 196 с. : ил., табл., схем. - ISBN 978-5-7882-1238-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258445>

*Дополнительная литература*

2. Сафонов, С. О. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов обработки металлов давлением: учебное пособие / С.О. Сафонов, А.С. Янюшкин, Е.Д. Лосев. - Братск: БрГУ, 2007. - 90 с.

*Контрольные вопросы для самопроверки*

1. Каковы особенности штамповки на ГКМ?
2. Какова классификация ГКМ?

## **Практическое занятие №4**

### **Проектирование технологического процесса получения поковок методом холодного выдавливания**

*Цель работы:* получить навыки проектирования технологических процессов получения поковок методом холодного выдавливания.

*Задание:* спроектировать технологический процесс получения поковок методом холодного выдавливания.

*Порядок выполнения:*

1. Рассчитать размеры исходной заготовки.
2. Рассчитать усилия при обратном способе выдавливания.
3. Назначить зазоры и допуски на рабочие части штампа.

*Форма отчетности:*

Отчет по практическому занятию должен содержать: цель, задание, расчеты всех необходимых этапов, выводы.

*Задания для самостоятельной работы:*

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний;
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

*Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:*

Проработка основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников.

*Основная литература*

1. Кузнецов, В.Г. Обработка материалов давлением : учебное пособие / В.Г. Кузнецов, Ф.А. Гарифуллин, Г.С. Дьяконов ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : КНИТУ, 2012. - 196 с. : ил., табл., схем. - ISBN 978-5-7882-1238-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258445>

*Дополнительная литература*

2. Сафонов, С. О. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов обработки металлов давлением: учебное пособие / С.О. Сафонов, А.С. Янюшкин, Е.Д. Лосев. - Братск: БрГУ, 2007. - 90 с.

*Контрольные вопросы для самопроверки*

1. Каковы преимущества холодной штамповки?
2. Каковы способы холодного выдавливания?

## **Практическое занятие №5**

### **Разработка технологического процесса получения заготовки методом листовой штамповки (вытяжки)**

*Цель работы:* получение навыков разработки технологических процессов получения заготовки методом листовой штамповки (вытяжки).

*Задание:* спроектировать технологический процесс получения поковок методом холодного выдавливания.

*Порядок выполнения:*

1. Рассчитать коэффициенты вытяжки и определить число вытяжек.
2. Определить размеры и форму заготовок при вытяжке.
2. Определить усилия вытяжки и прижима.
4. Сконструировать матрицу и пуансон для обратного способа выдавливания.

*Форма отчетности:*

Отчет по практическому занятию должен содержать: цель, задание, расчеты всех необходимых этапов, выводы.

*Задания для самостоятельной работы:*

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний;
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

*Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:*

Проработка основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников.

*Основная литература*

1. Кузнецов, В.Г. Обработка материалов давлением : учебное пособие / В.Г. Кузнецов, Ф.А. Гарифуллин, Г.С. Дьяконов ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : КНИТУ, 2012. - 196 с. : ил., табл., схем. - ISBN 978-5-7882-1238-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258445>

*Дополнительная литература*

2. Сафонов, С. О. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов обработки металлов давлением: учебное пособие / С.О. Сафонов, А.С. Янюшкин, Е.Д. Лосев. - Братск: БрГУ, 2007. - 90 с.

*Контрольные вопросы для самопроверки*

1. Каким образом производится вытяжка?
2. Каковы этапы проектирования технологии листовой штамповки?

## 9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта (курсовой работы), контрольной работы, РГР, реферата

Учебным планом не предусмотрено.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Информационно-коммуникативные технологии (ИКТ) используются для:

- получения информации при подготовке к занятиям;
- создания презентационного сопровождения занятий;
- работы в электронной информационной среде.

Стандартное лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Imagine Premium: Microsoft Windows Professional 7.
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level.
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
4. Adobe Reader.

## 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ Лк, ЛР, ПЗ</i>
Лк	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	
ЛР	Лаборатория Технологии машиностроения	Учебная мебель; Токарно-винторезный станок 1К62, Горизонтально-фрезерный станок 6Р82Г.	ЛР №1...3
ПЗ	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	
СР	Читальный зал № 1	Учебная мебель; 10-ПК i5-2500/Н67/4Gb (мониторTFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-16	способность осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов для их реализации.	1. Классификация процессов ОМД	1.1. Классификация процессов ОМД	Экзаменационный вопрос № 1.1
		2. Основы технологических процессов прокатки, прессования и волочения	2.1. Прокатное производство	Экзаменационный вопрос № 2.1
			2.2. Прессовое производство	Экзаменационный вопрос № 2.2
			2.3. Волочильное производство	Экзаменационный вопрос № 2.3
		3. Основы технологических процессовковки и штамповки	3.1. Ковка	Экзаменационный вопрос № 3.1
			3.2. Объемная штамповка	Экзаменационный вопрос № 3.2
			3.3. Листовая штамповка	Экзаменационный вопрос № 3.3
		4. Специализированные процессы ОМД	4.1. Метизное производство	Экзаменационный вопрос № 4.1
			4.2. Производство гнутых профилей	Экзаменационный вопрос № 4.2
			4.3. Совмещенные процессы металлоизделий	Экзаменационный вопрос № 4.3

**2. Экзаменационные вопросы**

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1.	ПК-16	способность осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов для их реализации.	1.1. Классификация процессов ОМД	1. Классификация процессов ОМД
			2.1. Прокатное производство	2. Основы технологических процессов прокатки, прессования и волочения
			2.2. Прессовое производство	
			2.3. Волочильное производство	
			3.1. Ковка	3. Основы технологических процессовковки и штамповки
			3.2. Объемная штамповка	
			3.3. Листовая штамповка	
			4.1. Метизное производство	4. Специализированные процессы ОМД
			4.2. Производство гнутых профилей	
4.3. Совмещенные процессы металлоизделий				



### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<b>знать:</b> <i>ПК-16</i> – технологии, системы и средства обработки металлов давлением; <b>уметь:</b> <i>ПК-16</i> – рассчитывать параметры технологических процессов обработки металлов давлением; <b>владеть:</b> <i>ПК-16</i> – навыками изготовления деталей методом пластического деформирования.	<b>отлично</b>	«Отлично» заслуживает обучающийся, который знает технологии, системы и средства обработки металлов давлением, умеет рассчитывать параметры технологических процессов обработки металлов давлением, владеет навыками изготовления деталей методом пластического деформирования.
	<b>хорошо</b>	«Хорошо» заслуживает обучающийся, который знает технологии, системы и средства обработки металлов давлением, умеет рассчитывать параметры технологических процессов обработки металлов давлением, владеет навыками изготовления деталей методом пластического деформирования. Но обучающийся допустил не более двух-трех недочетов и может исправить их самостоятельно или с помощью преподавателя.
	<b>удовлетворительно</b>	«Удовлетворительно» ставится обучающемуся, у которого в ответе имеются отдельные пробелы в освоении вопросов курса «Технологические процессы обработки металлов давлением», не препятствующие усвоению программного материала. Владеет навыками изготовления деталей методом пластического деформирования.
	<b>не удовлетворительно</b>	«Неудовлетворительно» ставится обучающемуся, который не знает основные разделы дисциплины.

### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина «Технологические процессы обработки металлов давлением» направлена на формирование у обучающихся фундаментальных знаний в области современных технологий изготовления деталей методами обработки давлением.

Изучение дисциплины «Технологические процессы обработки металлов давлением» предусматривает:

- лекции;
- лабораторные работы;
- практические занятия;
- самостоятельную работу;
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 Классификация процессов ОМД обучающиеся должны уяснить понятие, признаки и классификацию процессов ОМД.

В ходе освоения раздела 2 Основы технологических процессов прокатки, прессования и волочения обучающиеся должны уяснить прокатное производство, прессовое производство и волочильное производство.

В ходе освоения раздела 3 Основы технологических процессовковки и штамповки обучающиеся должны уяснить ковку, объемную штамповку, листовую штамповку.

В ходе освоения раздела 4 Специализированные процессы ОМД обучающиеся должны уяснить метизное производство, производство гнутых профилей, совмещенные процессы металлоизделий

В процессе проведения лабораторных работ происходит формирование навыков изготовления деталей методом пластического деформирования.

В процессе проведения практических занятий происходит формирование умений проектирования технологических процессов обработки металлов давлением.

При подготовке к экзамену необходимо ознакомиться с экзаменационными вопросами. На основе этого надо составить план повторения и систематизации учебного материала на каждый день. Нельзя ограничиваться только конспектами лекций, следует проработать рекомендуемые преподавателем учебные пособия и литературу. Необходимо внимательно прочитать и уяснить суть требований конкретного экзаменационного вопроса. Если отдельные вопросы программы остаются неясными, их необходимо выяснить на консультации с преподавателем.

Удобнее готовиться к лабораторным работам, практическим занятиям и экзамену в читальном зале библиотеки или в специализированном учебном кабинете.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы дисциплины**  
**Технологические процессы обработки металлов давлением**

**1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является – формирование у обучающихся фундаментальных знаний в области современных технологий изготовления деталей методами обработки давлением.

Задачами изучения дисциплины является:

- теоретическое и практическое освоение основных закономерностей, действующих в процессе изготовления машиностроительной продукции;
- изучение основных технологических процессов получения заготовок и деталей методом пластического деформирования.

**2. Структура дисциплины**

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекции – 34 часа, лабораторные работы – 34 часа, практические занятия – 17 часов, самостоятельная работа – 68 часов.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц.

2.2. Основные разделы дисциплины:

1. Классификация процессов ОМД.
2. Основы технологических процессов прокатки, прессования и волочения.
3. Основы технологических процессовковки и штамповки.
4. Специализированные процессы ОМД.

**3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-16 – способность осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов для их реализации.

**4. Вид промежуточной аттестации: Экзамен.**

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

---

---

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

---

---

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
(разработчик)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО  
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-16	способность осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств, участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выполнять мероприятия по выбору и эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств диагностики, автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов для их реализации.	1. Классификация процессов ОМД	1.1. Классификация процессов ОМД	Конспект лекций
		2. Основы технологических процессов прокатки, прессования и волочения	2.1. Прокатное производство	Конспект лекций
			2.2. Прессовое производство	Конспект лекций; Отчет по ЛР №1
			2.3. Волоочильное производство	Конспект лекций
		3. Основы технологических процессовковки и штамповки	3.1. Ковка	Конспект лекций; Отчет по ЛР №2
			3.2. Объемная штамповка	Конспект лекций; Отчет по ЛР №2 Отчет по ПЗ № 1...5
			3.3. Листовая штамповка	Конспект лекций; Отчет по ЛР №3 Отчет по ПЗ № 1...5
		4. Специализированные процессы ОМД	4.1. Метизное производство	Конспект лекций
			4.2. Производство гнутых профилей	Конспект лекций
			4.3. Совмещенные процессы металлоизделий	Конспект лекций

**2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций**

Показатели	Оценка	Критерии
<b>знать:</b> ПК-16 – технологии, системы и средства обработки металлов давлением; <b>уметь:</b> ПК-16 – рассчитывать параметры технологических процессов обработки металлов давлением; <b>владеть:</b> ПК-16 – навыками изготовления деталей методом пластического деформирования.	<b>зачтено</b>	- даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы; - ответы изложены грамотно, уверенно, логично, последовательно; - опираясь на усвоенные знания, четко увязывает научные положения с практической деятельностью; - свободно владеет основными понятиями дисциплины.
	<b>не зачтено</b>	- допускает существенные ошибки и неточности при ответе на поставленные вопросы; - испытывает трудности в практическом применении полученных знаний; - не может аргументировать научные положения; - не владеет системой основных понятий дисциплины.