

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Лысьвенский филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Кафедра Технические дисциплины
Направление подготовки 22.03.02 «Металлургия»
Направленность (профиль) «Обработка металлов и сплавов давлением»

Допускается к защите
Доцент и.о.зав. кафедрой
_____/Т.О. Сошина/
« ____ » _____ 20 ____ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему: Проект технологического процесса изготовления детали «Корпус
кастрюли»

Студент Карсакова О.Н. / _____ /

Состав ВКР:

1. Пояснительная записка на _____ стр.
2. Графическая часть на _____ листах.

Руководитель Трофимов В.Н. / _____ /

Лысьва, 2020 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит пятьдесят страниц, две части, четырнадцать таблиц, десять рисунков, семнадцать библиотечных источников, два приложения.

Графическая часть состоит из двух 3D моделей и четырех чертежей. Список графических частей выпускной квалификационной работы: корпус кастрюли 2 л., корпус кастрюли 2 л. (вид сверху), варианты раскроя, выбранный вариант раскроя, 3D модель корпуса кастрюли 2 л., 3D модель заготовки для изготовления корпуса кастрюли 2 л.

Объектом исследования является: штампованное изделие «Кастрюля».

Цель выполнения выпускной квалификационной работы – разработать проект технологического процесса детали «Корпус кастрюли».

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- исследовать современное состояние процессов листовой штамповки;
- провести анализ технологичности конструкции;
- разработать вариант технологии изготовления данной детали;
- определить размеры заготовки и оптимальный раскрой исходного материала;
- рассчитать коэффициент использования материала;
- рассчитать технологический процесс, т.е. для каждой операции определить технологические параметры, необходимые для выбора оборудования;
- выбрать современное оборудование;
- выбрать смазку изготовления детали;
- рассчитать норму штучного времени.

					ВКР.2020 - Р	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		2

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЩИЙ РАЗДЕЛ.....	6
1.1 Основные операции листовой штамповки	6
1.2 Материалы для листовой штамповки	9
1.3 Инструмент для листовой штамповки	12
1.4 Смазки для листовой штамповки	12
1.5 Температурные режимы	15
1.6 Оборудование	16
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	20
2.1 Назначение детали	20
2.2 Анализ технологичности конструкции детали	21
2.3 Разработка вариантов технологического процесса	22
2.4 Определение размеров заготовки.....	24
2.5 Выбор оптимального варианта раскроя.....	27
2.6 Расчет усилий по операциям и переходам	31
2.6.1 Определяем усилие резки. Выбор оборудования	31
2.6.2 Определяем количество операций вытяжки	33
2.6.3 Определение усилий вытяжки. Выбор оборудования	35
2.6.4 Выбор оборудования для вырубки заготовки из листа, для обсечки краев и вытяжки детали.....	35
2.6.5 Выбор смазки для штамповки детали «Корпус кастрюли».....	36
2.6.6 Контроль качества изготовления детали	38
2.7 Контроль качества изготовления детали	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	43
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	44
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	50

					ВКР.2020-ПЗС	Лист
						3
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дат		

ВВЕДЕНИЕ

В машиностроении все более возрастающее значение приобретает обработка металлов давлением, в том числе листовая штамповка.

Листовая штамповка – это процесс получения из листа, полосы и ленты изделий плоской или же пространственной формы с заданными конструктивно – геометрическими и структурными параметрами без изменения толщины материала [1, стр. 5].

Исходным материалом для листовой штамповки служит металлопрокат в виде листов, рулонов, лент и полосы.

Листовая штамповка - это самостоятельный вид технологии, имеющий ряд особенностей:

—высокая производительность и возможность получения самых разнообразных по форме и размерам полуфабрикатов и готовых деталей (от десятых долей миллиметра до десятков метров);

—возможность механизации и автоматизации штамповки путем создания комплексов оборудования, обеспечивающих выполнение в автоматическом режиме всех операций производственного процесса (в том числе роторных и роторно-конвейерных линий);

—возможность получения взаимозаменяемых деталей с высокой точностью размеров, без дальнейшей обработки резанием.

Процессы листовой штамповки основаны на использовании пластичности обрабатываемых материалов и их упрочнения при обработке. Благодаря чему они обеспечивают точность и стабильность размеров изготавливаемых деталей, а это является основным условием их взаимозаменяемости, при достаточной прочности и минимальной массе, позволяющей снижать массу отдельных конструкций и узлов машин. Благодаря этим достоинствам, а так же высокому коэффициенту использования металла листовая штамповка находит широкое применение как в массовом, так и в мелкосерийном производстве. На дальнейшее

					ВКР.2020-ВВ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		4

развитие технологии листовой штамповки влияют непрерывный рост производства изделий во многих отраслях промышленности, расширение номенклатуры изготавливаемых деталей и изделий, специализация производства.

Актуальность данной темы в том, что такое изделие как кастрюля пользуется большой популярностью в быту.

Цель выполнения выпускной квалификационной работы – разработать проект технологического процесса изготовления детали «Корпус кастрюли».

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- исследовать современное состояние процессов листовой штамповки;
- провести анализ технологичности конструкции;
- разработать вариант технологии изготовления данной детали;
- определить размеры заготовки и оптимальный раскрой исходного материала;
- рассчитать коэффициент использования материала;
- рассчитать технологический процесс, т.е. для каждой операции определить технологические параметры, необходимые для выбора оборудования;
- выбрать современное оборудование;
- выбрать смазку изготовления детали;
- рассчитать норму штучного времени.

В ходе выпускной квалификационной работы необходимо выполнить оформление демонстрационного стенда «Требования к оформлению и пример ВКР по направлению 22.03.02 Metallургия, профиль Обработка металлов давлением» (четыре стенда формата А1).

1. ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Основные операции листовой штамповки

Фазы процесса, при которых происходит изменение формы заготовки, называют операциями.

Операции листовой штамповки делятся на разделительные и формообразующие.

Под разделительными операциями подразумевается: отрезка, вырубка, пробивка, обрезка, надрезка, разрезка, надрубка и другие.

К формообразующим операциям относят гибку, скручивание, закатку, правку, вытяжку, рельефную формовку, отбортовку, раздачу, отжим в штампе, чеканку, калибровку, редуцирование, высадку и другие операции.

Отрезка – полное отделение части заготовки путем сдвига по незамкнутому контуру.

Вырубка – полное отделение, путем сдвига, заготовки или изделия по замкнутому контуру.

Пробивка – образование в заготовке отверстия или паза путем сдвига с удалением части металла в отход.

Обрезка – удаление путем сдвига излишнего металла.

Разрезка – разделение заготовки путем сдвига на части по незамкнутому контуру.

Надрезка – неполное отделение части заготовки путем сдвига.

Зачистка – удаление технологических припусков для повышения точности штампованной заготовки с помощью штампа с образованием стружки.

Проколка – образование в заготовке отверстия без удаления металла в отход.

Гибка – образование или изменение углов между частями заготовки, придание ей криволинейной формы.

Скручивание – поворот части заготовки вокруг продольной оси.

					ВКР.2020-ОР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		6

Закатка – образование закругленных бортов на краях полой заготовки.

Правка (правка давлением) – устранение искажений формы заготовки.

Вытяжка – образование полой заготовки или изделия из плоской или полой исходной заготовки.

Рельефная формовка – образование рельефа в листовой заготовке за счет местных растяжений без обусловленного изменения толщины металла.

Отбортовка – образование борта по внутреннему и (или) наружному контуру заготовки.

Раздача – увеличение размеров поперечного сечения части полой заготовки путем одновременного воздействия инструмента по всему периметру.

Обжим в штампе – уменьшение размеров поперечного сечения части полой заготовки путем одновременного воздействия инструмента по всему ее периметру.

Чеканка – образование на поверхности заготовки рельефных изображений за счет перераспределения металла.

С помощью вышеперечисленных операций можно получить большое разнообразие деталей (рис 1.1) [1, стр. 8].

					ВКР.2020- ОР.ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

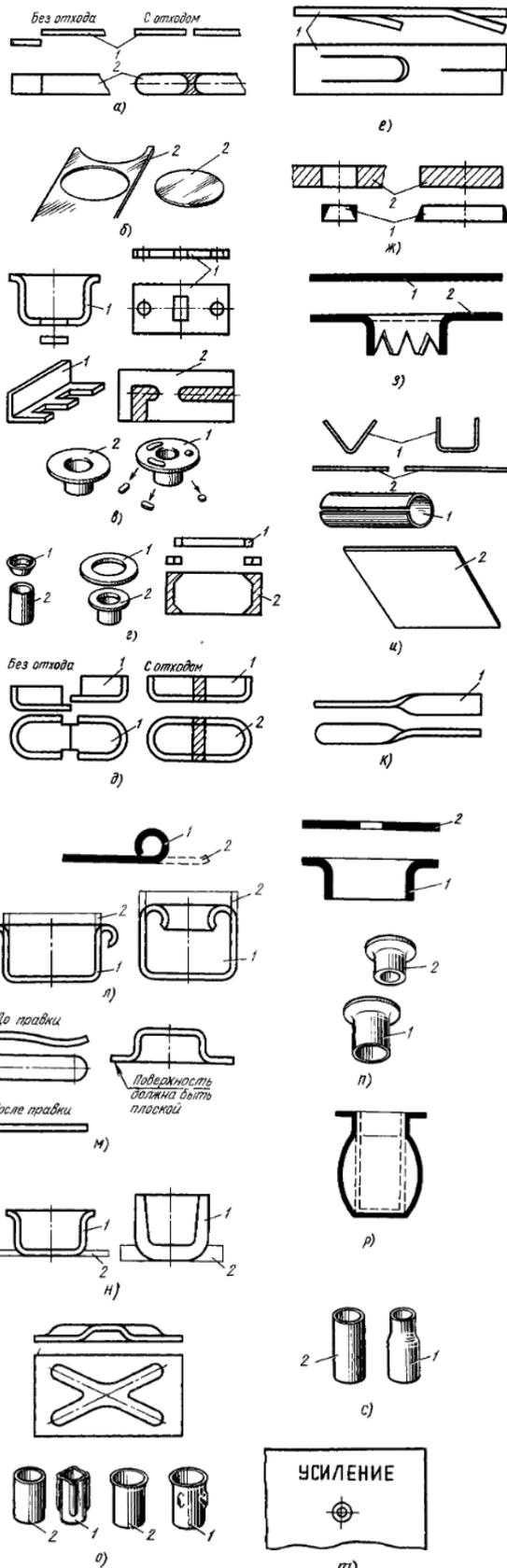


Рисунок 1.1 – Детали (1) и исходная заготовка (2), полученная операцией листовой штамповки:

а - отрезкой; б - вырубкой; в - пробивкой; д - разрезкой; е – надрезкой;

Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата	ВКР.2020- ОР.ПЗ	Лист
						8

ж – зачисткой; з- прокаткой; и – гибкой; к – скручиванием; л – закаткой;
м – правкой; н – вытяжкой; о – рельефной формовкой; п – отбортовкой;
р – раздачей; с – обжимом в штампе; т – чеканкой

1.2 Материалы для листовой штамповки

В листовой штамповке применяются черные, цветные металлы и сплавы, а также неметаллические материалы.

Черные металлы и сплавы:

—сталь (углеродистая обыкновенного качества, углеродистая качественная конструкционная, легированная конструкционная, высоколегированная);

—деформируемые сплавы с обими свойствами (коррозионно – стойкие, жаростойкие, жаропрочные, магнитные и другие).

Цветные металлы и сплавы - медь, никель, алюминий, магний, титан, деформируемые сплавы (на основе латуни, бронзы, дуралюминия и других цветных металлов).

Неметаллические материалы для листовой штамповки: пресс – шпан, гетинакс, текстолит, фибра, картон, бумага, пергамент, кожа, резина, сукно и другие.

Наиболее популярны металлы и сплавы, те которые позволяют штамповать детали с заданными свойствами, различных форм и размеров. Наибольшую часть деталей штампуют из углеродистых сталей. Цветные металлы и сплавы применяются, если использование стали не обеспечивает заданных эксплуатационных свойств детали.

Металлы и сплавы для листовой штамповки поступают на завод в виде проката (листов, полос, лент).

Выбор марки металла или сплава, вида проката, требования к их качеству должны соответствовать условиям эксплуатации детали и требованиям технологии листовой штамповки, то есть необходимо, чтобы

					ВКР.2020- ОР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		9

материал удовлетворял заданному комплексу эксплуатационных и технологических свойств.

Технологические свойства. Основные технологические свойства материала при листовой штамповке: пластичность, сопротивление деформации, интенсивность деформационного упрочнения [1, стр. 10].

Пластичность – это свойство металлов и сплавов необратимо изменять форму и размеры под действием внешней силы без макроразрушения.

Макроразрушение - процесс частичного или полного нарушения целостности тела путем зарождения и движения макротрещины или системы макротрещин.

Пластичность измеряется величиной пластической деформации, предшествующей разрушению. Степень деформации – это вся накопленная частицей тела пластическая деформация в течении некоторого отрезка времени от 0 до t , ее подсчитывают вдоль траектории движения рассматриваемой частица тела.

Сопротивление пластической деформации – свойство металла или сплава препятствовать пластической деформации [1, стр.11].

Упрочнение – процесс изменения свойств и структуры материала, которое может достигаться методами обработки давлением, термической и химико – термической обработки (рис.1.2). Данный процесс, сопровождающий пластическую деформацию, называется деформационным упрочнением [1, стр.12].

					ВКР.2020- ОР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		10

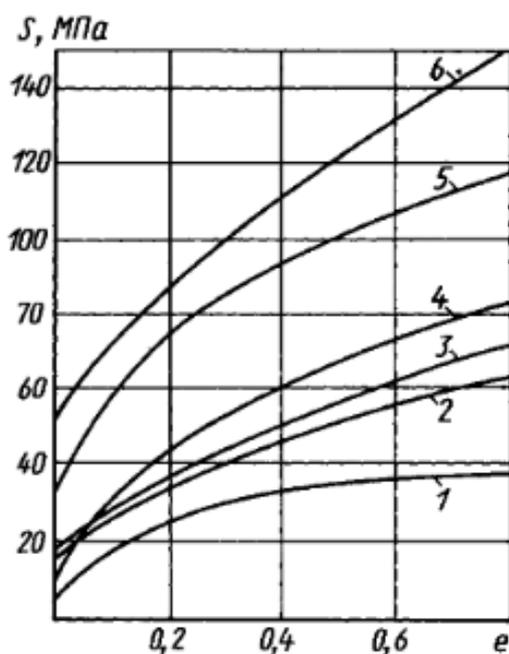


Рисунок 1.2 – Кривые упрочнения металлов и сплавов:

1 – медь МЗ; 2- латунь Л63; 3- сталь 10; 4- никель НПЗ; 5 –сталь ШХ15

Анизотропия – это неравномерность свойств материала в различных направлениях. Зависимость свойств от направления (векторность свойств) – следствие образования в процессе пластической деформации текстуры – предпочтительной ориентировки зерен обрабатываемого металла.

Пластичность, сопротивление деформации, интенсивность деформационного упрочнения, анизотропия – это технологические свойства металла, зависящие от его физической природы (содержание основных элементов и примесей) и состояния (деформированное, отожженное, закаленное и тому подобное) [1 стр. 13].

Штампуемость - это комплекс технологических характеристик деформируемой заготовки, определяющей возможность получения изделия заданных формы, размеров и качества в конкретных условиях штамповки. Штампуемость зависит от технологических свойств металла и ряда других взаимосвязанных параметров: механических свойств, макро – и микроструктуры, точности размеров, качества поверхности и поверхностного слоя, наличия и характера дефектов металлургического происхождения

(плены, раковины, поры, ликвация (неоднородность химического состава), сегрегация (скопление неметаллических примесей) и другие).

Штампруемость металла определяют по технологическим испытаниям, определяющим возможность формоизменения заготовки.

1.3 Инструмент для листовой штамповки

Формоизменение в листовой штамповке осуществляется при помощи основных и вспомогательных инструментов. Основными инструментами является пуансон и матрица, а вспомогательными — прижим, съемник, выталкиватель и т.д. Пуансон вдавливается в деформируемый материал, обтягивается, обтекает или охватывается им. Матрица вбирает в себя, охватывает изменяющий форму материал и пуансон.

Пуансон и матрицу изготавливают, чаще всего из наиболее твердого и прочного материала, чем обрабатываемый материал. В некоторых случаях один инструмент (пуансон или матрица) может быть из твердого материала, а другой из эластичного, легко поддающегося формоизменению.

1.4 Смазки для листовой штамповки

Технологические смазки для листовой штамповки предназначены для обеспечения трущихся контактных поверхностей (заготовок и инструмента) надежной разделительной пленкой и создания нормальных условий деформирования и предотвращения образования дефектов поверхности (задилов, царапин, налипаний) и формы (утонений, обрывов).

Основными техническими характеристиками технологических смазок - экранирующая способность и коэффициент трения [15, стр. 2].

Экранирующая способность - определяет предельное значение удельной нагрузки, которую может выдержать при скольжении смазочная пленка без нарушения ее сплошности. Экранирующая способность смазки оказывает влияние на состояние поверхности деталей и инструмента.

Коэффициент трения характеризует сопротивление взаимному и влияет

на усиление формообразованию в очаге деформации.

При формоизменяющих операциях листовой штамповки смазки должны оптимальным коэффициентом трения.

При назначении смазок необходимо учитывать технологические особенности: легкость нанесения и удаления, отсутствие коррозионного воздействия, стабильность при хранении, отсутствие вредного воздействия на работников, экономичность.

Технологические смазки следует выбирать в зависимости от особенностей формоизменения и штампуемого материала по таблице 1.1.

При получении неудовлетворительных результатов при формообразовании деталей со смазкой, выбранной по таблице 1.1, следует учитывать выбор смазки:

—при утонениях и обрывах деталей смазку следует выбирать с коэффициентом трения ниже, чем у выбранной;

—при невыполнении профиля деталей, т.е. при образовании складок, морщин, гофр, смазку следует выбирать с коэффициентом трения выше чем у применяемой;

—при появлении задиров, царапин на деталях и налипаний на инструменте смазку следует выбирать с более высокими экранирующими свойствами, но таким же или большим по значению коэффициентом трения [15, стр. 3].

Таблица 1.1 – Рекомендации по выбору технологических смазок для листовой штамповки

Наименование материала	Режим работы		Рекомендуемая смазка или покрытие	Смазка - заменитель	Способ применения смазки	Примечание
	Температура	Условия штамповки				
Разделительные операции (вырубка, пробивка отверстий и т.п.)						

Продолжение таблицы 1.1

Низкоуглеродистые, конструкционные, низколегированные стали и сплавы	В холодном состоянии	$s \leq 2\text{мм}$ $\sigma_{\text{в}} \leq 400\text{ МПа}$	смазка ХС-163	Тех.вазелин, солидол жировой, солидол синтетический	Смазывание инструмента	s-толщина заготовки
Низкоуглеродистые, конструкционные, высокопрочные, жаропрочные стали и сплавы	В холодном состоянии	$s \leq 2\text{мм}$ $\sigma_{\text{в}} \leq 400\text{ МПа}$	Хромированные	Технический вазелин, солидол жировой, солидол синтетический	Покрытие инструмента, смазывание инструмента	
Формоизменяющие операции (вытяжка, отбортовка, формовка, обжим, обтяжка)						
Низкоуглеродистые, конструкционные, низколегированные стали и сплавы	В холодном состоянии	-	Жидкости смазочно – охлад. «Укринол-4» «Укринол-23»	Смазка ХС-170	Смазывание заготовок и инструмента	
Низкоуглеродистые, конструкционные, низколегированные стали и сплавы	В холодном состоянии	При тяжелых режимах штамповки	Смазка ЭСТ – 1М Смазка ШС-2	Смазка 584Т Смазка: графит 20%, водный раствор хозяйственного мыла 80%, хлопковое масло	Смазывание заготовок и инструмента	
Высокопрочные, нержавеющие, жаропрочные и др. стали и сплавы	-	-	Хлоровиниловый лак ХВ-5179, сухая мыльная пленка (детское мыло)	Лак НЦ-62, сухая мыльная пленка (детское мыло), лак НЦ-134	Смазывание заготовок и инструмента	Дополнительно применять масло индустриальное И-30А
Нержавеющие, титановые, алюминиевые и др. стали и сплавы	В холодном состоянии	вытяжка с утонением стенок	Лак ХВ-5179, сухая мыльная пленка (детское мыло)	Лак НЦ-62, сухая мыльная пленка лак НЦ-134	Покрытие заготовок	Наносится окунанием в мыло с последующей сушкой

Смазка наносится на участки заготовок и инструмента, где происходит контактное скольжение в процессе деформирования. Смазка не наносится на участки требующие торможение металла и участки где происходит контактирование без взаимного скольжения.

При формоизменении деталей из листовых материалов смазку следует наносить:

—на фланец заготовки или периодически на поверхность матрицы и прижима – при вытяжке полых деталей с плоским дном;

—в область зоны, контактирующей с пуансоном – при вытяжке с обтяжкой пуансона;

—на вытяжные кромки матрицы – при вытяжке цилиндрических, параболических и конических деталей из тонкого листа ($s/D*100 \leq 0,2$);

—на наружную поверхность детали и матрицу – при последующих операциях вытяжки;

—на наружную и внутреннюю поверхность детали – при вытяжке с утонением стенок;

—на контактную поверхность фланца детали и пуансона – при отбортовке;

—на рабочую зону инструмента или контактную поверхность детали - при операциях обжима или раздачи.

Смазку наносят вручную при помощи кисти или пропуская материал через специальные смазывающие ролики [15, стр. 15].

1.5 Температурные режимы

Существует два типа штамповки металла: холодная и горячая, в зависимости от температуры, применяемой к деформируемому материалу.

Температура, которая применяется при деформации металла, является ключевым фактором, который отличает технику холодной и горячей

					ВКР.2020-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		15

штамповки металла. Основное различие этих двух процессов, определяется температурой рекристаллизации. Если применяемая температура выше от той, которая необходима для рекристаллизации - это горячая штамповка, в то время как процесс холодной штамповки осуществляется при более низких температурных режимах.

Температура рекристаллизации - это температура, при которой образуется микроструктура из новых зерен, которые занимают определенные места в своей кристаллической структуре. Этот фактор зависит от температуры плавления металла, а также от степени холодной деформации.

Горячая штамповка металла. Штамповка горячего металла осуществляется, когда его температура превышает необходимое значение для начала в нем процесса рекристаллизации. Этот метод включает нагревание металла до тех пор, пока он не станет пластичным для формирования необходимой детали.

В отличие от холодной штамповки, полученная деталь имеет меньшую точность размеров, так как происходит деформация из-за ее высокой температуры.

Холодная штамповка. При холодной штамповке, деталь изготавливается при температуре, которая ниже температуры рекристаллизации. В этом процессе деформация зерна кристаллической структуры позволяет получить анизотропию в микроскопической структуре. Таким образом, такие свойства, как упругость или пластичность металла, претерпевают изменения, которые позволяют изготавливать более стойкие материалы, а также появляется возможность для снижения веса конечной детали.

Штамповка металла чаще всего происходит на прессах и применяется только к заготовкам небольшой толщины - листам, металлическим полосам и т. д.

1.6 Оборудование

					ВКР.2020- ОР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		16

Оборудование для листовой штамповки делится на две группы: основное и вспомогательное (рисунок 1.3).

Основное (технологическое) - это оборудование, на котором изготавливают детали (изделия). При помощи вспомогательного оборудования подготавливают листовой материал к штамповке, осуществляют перемещение его через рабочую зону и перерабатывают отходы [1, стр. 153].

Наиболее распространенный вид оборудования для листовой штамповки – кривошипные прессы, в них используется кривошипно – шатунный механизм, который приводит в возвратно – поступательное движение ползун с верхним штампом. Для мелких и средних деталей в основном применяют прессы простого действия, они имеют один ползун и предназначены для несложных операций, вырубки, гибки, неглубокой вытяжки и других операций.

Прессы двойного действия имеют два ползуна наружный и внутренний, применяют такие прессы для изготовления деталей с глубокой вытяжкой.

В зависимости от размеров штампуемых деталей прессы как простого, так и двойного действия подразделяются на одно-, двух- и четырехкривошипные (рисунок 1.4)

Четырехкривошипные прессы используют для крупногабаритных изделий с глубокой вытяжкой и выружкой по контуру сложной конфигурации.

					ВКР.2020-ОР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		17

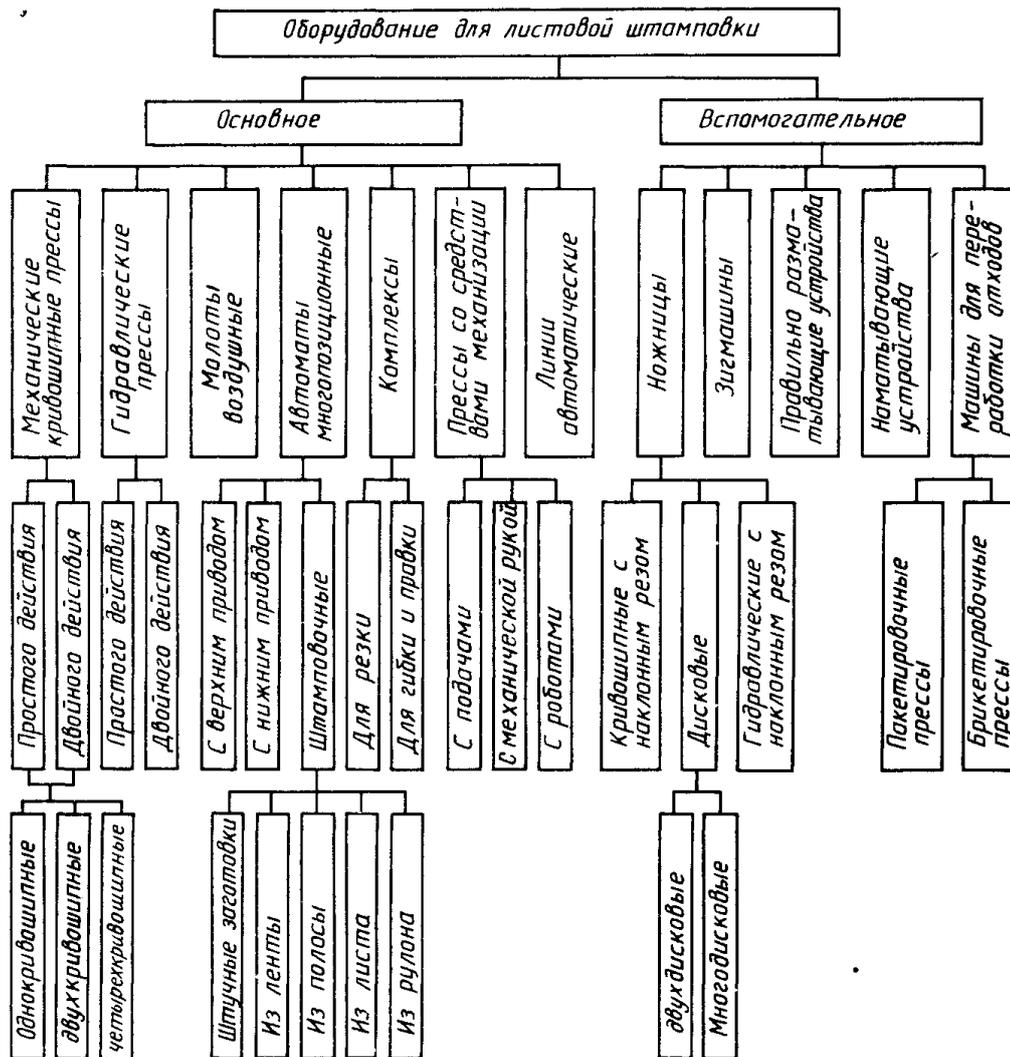


Рисунок 1.3 – Классификация оборудования для листовой штамповки

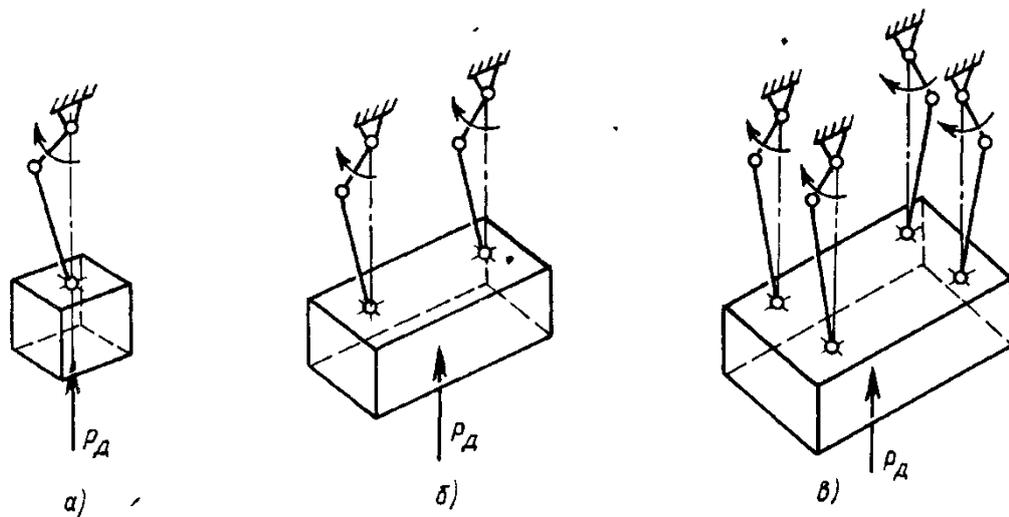


Рисунок 1.4 – Схемы одно- (а), двух- (б) и четырехкривошипных (в) механизмов. Прессы механические для листовой штамповки.

Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата

Гидравлические прессы используют чаще для глубокой вытяжки. Прессы простого действия предназначаются для вытяжки деталей из тонкого листа в холодном состоянии, а прессы двойного действия используют для изготовления крупногабаритных деталей из тонколистового металла с глубокой вытяжкой.

Листоштамповочные воздушные молоты применяются для штамповки, но значительно реже, чем кривошипные и гидравлические прессы [1, стр. 154].

Наиболее высокопроизводительным оборудованием являются автоматы листоштамповочные многопозиционные, они широко распространены в промышленности. На них осуществляется многооперационная штамповка изделий из ленты и полосы, а также возможна работа со штучными заготовками. Перенос заготовок по позициям осуществляется различными типами подач.

Для более широкого использования свойств листового металла при высоких скоростях деформирования в лабораториях обработки металлов давлением применяются машины импульсивного действия следующих видов: гидравлические, газовые, магнитные и взрывные.

Широко распространены машины со средствами механизации и автоматизации, автоматические линии и комплексы, оснащенные компьютерами и электронно-вычислительными машинами, это значительно повышает производительность, качество готовой продукции и общую культуру производства.

К вспомогательному оборудованию относят кривошипные и гидравлические ножницы с наклонным ножом для разрезки заготовок; дисковые ножницы для продольной разрезки рулона на ленты; зигмашины, правильно-разматывающие и наматывающие машины, а также машины для переработки отходов – пакетировочные и брикетировочные прессы [1, стр. 155].

					ВКР.2020-ОР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		19

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Назначение детали

Деталь «Корпус кастрюли» служит сборочной единицей кастрюли.

Кастрюля предназначена для тепловой обработки (разогрева или приготовления) пищевых продуктов, для хранения холодных блюд, для хранения и переноски пищевых продуктов, для сервировки стола.

Для изготовления детали «Корпус кастрюли» предъявляются следующие требования:

- 1) Достаточная прочность и точность детали.
- 2) Относительно недорогая стоимость материала.
- 3) Низкая трудоёмкость её изготовления.

Для изготовления детали «Корпус кастрюли» используется сталь 12Х18Н10Т.

Сталь 12Х18Н10Т является конструкционной, стойкой к коррозии, немагнитной, титаносодержащей сталью.

Данная сталь относится к сложнелегированным сплавам. За счет наличия в составе сплава хрома и никеля, ее еще называют стабилизированной хромоникелевой сталью. Она представляет собой самую используемую и распространенную сталь из всех марок нержавеющей сталей. Главные достоинства стали 12Х18Н10Т – высокая прочность, твердость, ударная вязкость и пластичность. Характеризуется хорошей свариваемостью и гигиеничностью. Преимущества стали – жаростойкость и жаропрочность, криогенные качества (пределы температурных возможностей для эксплуатации (без потери свойств) огромны, от -196°С до +600°С).

Химический состав стали 12Х18Н10Т регламентирует ГОСТ 5632-2014: большой процент хрома (18%), легирующая добавка никеля (10%), углерод в сплаве – небольшая концентрация (0,12 %). Легирующий элемент – титан (1,5%). Кремний (0,8 %) [12].

					ВКР.2020-СЧ.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		20

Таблица 2.1 - Химический состав в % стали 12X18H10T

C	Si	Mn	P	Cr	S	Mo	Ni	V	Ti	Cu	W	Fe
<0,12	<0,8	<2,0	<0,035	17,0- 19,0	<0,02	<0,5	9,0- 11,0	<0,2	<0,8	<0,4	<0,2	Остальное

Деталь «Корпус кастрюли» является внутренней сборочной единицей, поэтому выбор материала для ее изготовления не требует каких-либо особых условий.

2.2 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь – имеет цилиндрическую форму диаметром 180 мм с фланцем, высотой 111 мм, диаметр дна 160, без отверстий.

Радиус скругления стенки с дном 10 мм, радиус скругления стенки с фланцем 5 мм.

Таблица 2.2 – Механические свойства стали 12X18H10T

Марка стали	$\sigma_{в}$, МПа	$\sigma_{ср}$, МПа	δ ,%
12X18H10T	540	460	40

Тонколистовая штамповка ($s = 1,5$ мм).

Наименьший радиус сопряжения между в вертикальной стенкой и дном:

$$R_{1\text{мин}} = 1,0 * s = 1,0 * 1,5 = 1,5 \text{ мм} < 10 \text{ мм} - \text{условия выполняются}$$

Наименьший радиус сопряжения между фланцем и вертикальной стенкой:

$$R_{2\text{мин}} = 2,0 * s = 2,0 * 1,5 = 2,5 \text{ мм} < 5 \text{ мм} - \text{условия выполняются.}$$

Анализ изогнутой заготовки (бортик). Минимальный допустимый радиус гибки борта при $s = 1,5$ мм: $r \geq s$; $2,5 \geq 1,5$, что соответствует условию технологичности.

Шероховатость поверхности, указанная на чертеже должна соответствовать методу получения заготовки, то есть холодной штамповкой.

Принимаю Rz 40, такая шероховатость является достаточной с точки зрения изготовления и назначения детали.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что деталь «Корпус кастрюли» технологична.

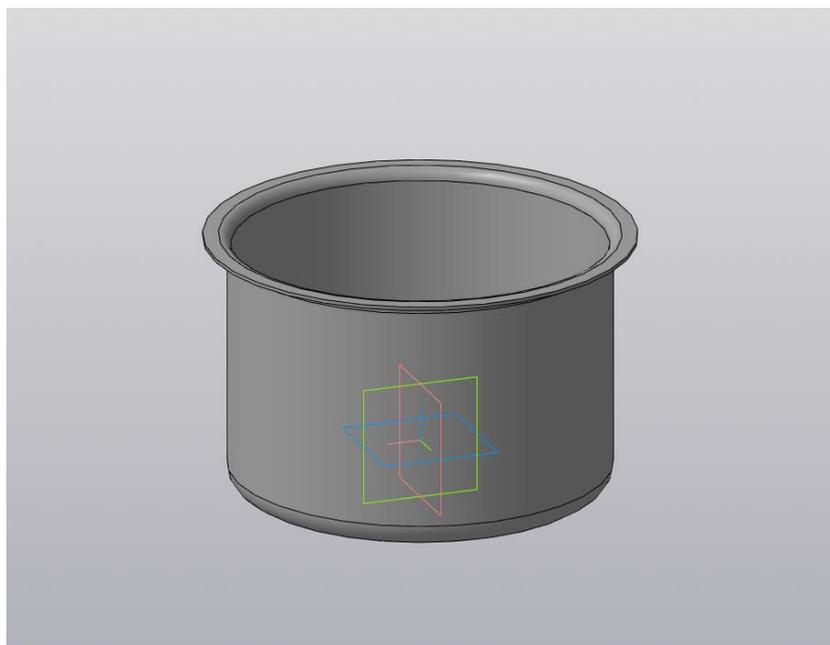


Рисунок 2.1 – 3D модель детали «Корпус кастрюли»

2.3 Разработка вариантов технологического процесса

Определяем тип производства (таблица 2.3)

Габаритные размеры от 80x80 до 300x300, степень сложности – простая, среднесерийное производство – от 1000 до 25000 штук в год.

Таблица 2.3 – Определение типа производства

					ВКР.2020-СЧ.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		22

Определение типа производства

Габаритные размеры деталей, мм	Степень сложности формы	Величина годовой программы выпуска, шт.				
		Единичное производство	Мелкосерийное производство	Среднесерийное производство	Крупносерийное производство	Массовое производство
До 80 × 80	Простая сложная	До 10	От 10 до 2000	2000 до 50 000	50 000 до 500 000	Свыше 500 000
От 80 × 80 до 300 × 300	Простая	До 10	От 10 до 1000	1000 до 25 000	От 25 000 до 250 000	Свыше 250 000
	Сложная	До 10	От 10 до 500	От 500 до 13 000	От 13 000 до 125 000	Свыше 125 000

Запишем этапы технологического процесса изготовления детали «Корпус кастрюли» в таблицу 2.4.

Таблица 2.4. – Этапы технологического процесса

Операция	Оборудование
1. Контролировать материал заготовки	Визуальный осмотр
2. Нарезать лист 1,5x1400x2000 на полосы размером 1,5x317x2000	Гильотинные ножницы Q11 Y/K-6*3200 ADH
3. Контролировать размеры полосы	Визуальный осмотр
4. Вырубить заготовку	Многопозиционный листоштамповочный пресс – автомат А6035
5. Контролировать размеры вырубленной заготовки	Визуальный осмотр
6. Вытяжка	Многопозиционный листоштамповочный пресс – автомат А6035
7. Контролировать качество вытяжки	Визуальный осмотр
8. Обсечь края и вырубить отверстия	Многопозиционный листоштамповочной пресс – автомат А6035
9. Контролировать качества обсеечения краев и размеры отверстия	Визуальный осмотр

Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

Среднесерийное производство. Для производства используем лист.

2.4 Определение размеров заготовки

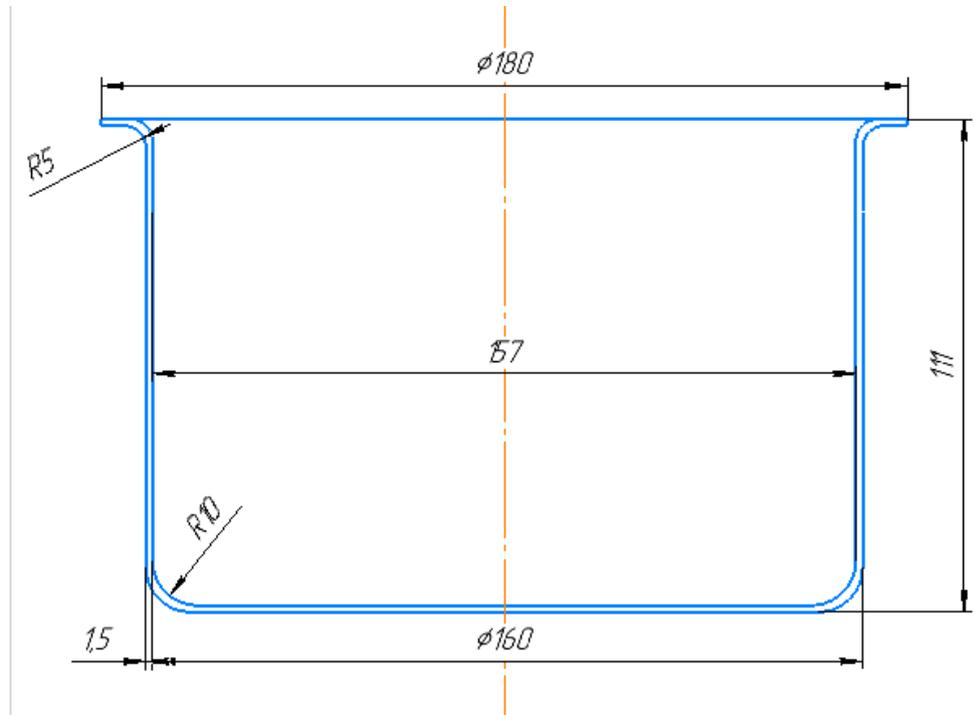


Рисунок 2.2 – Чертеж детали «Корпус кастрюли»

Назначаем припуск на обрезку для цилиндрических деталей (таблица 2.4) [12, табл.13].

Таблица 2.5 – Припуски на обрезку

h_d	Припуск Δh в зависимости от h_d/d				d_ϕ	Припуск Δd в зависимости от d_ϕ/d			
	0,5... 0,8	0,8... 1,6	1,6... 2,5	2,5... 4,0		до 1,5	1,5... 2,0	2... 2,5	2,5... 3,0
До 10	1,5	1,8	2,3	3,0	До 25	2,5	2,2	2,0	1,5
Св. 10 до 20	2,2	3,0	3,7	4,5	Св. 25 до 50	4,0	3,0	2,5	2,5
» 20 » 50	3,5	4,5	6,0	7,0	» 50 » 100	5,0	4,5	3,7	3,0
» 50 » 100	5,0	6,5	8,5	10,0	» 100 » 150	6,0	5,0	4,0	3,5
» 100 » 150	6,5	8,0	10,5	12,0	» 150 » 200	7,0	6,0	5,0	4,0
» 150 » 200	7,5	9,0	12,0	15,0	» 200 » 250	8,0	7,0	5,5	4,2
» 200 » 250	9,0	11,0	13,5	16,0	» 250 » 300	9,0	7,5	6,0	4,5
» 250 » 300	10,0	13,0	15,0	18,0					

Примечание. Для прямоугольных коробок в качестве d принимается меньший размер коробки по средней линии, в качестве d_ϕ — меньший размер фланца. При этом припуск, определенный по таблице, должен быть умножен на коэффициент 0,85.

$$d_\phi/d = 180/160 = 1,125 \text{ мм};$$

$$\Delta d = 7 \text{ мм};$$

$$d_\phi = 180 + 7 = 187 \text{ мм}.$$

Определяем диаметр заготовки для вытяжки [8, стр.96]:

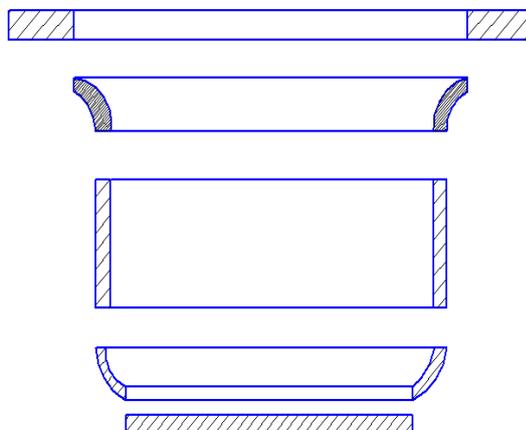


Рисунок 2.3 – Площади поверхности простых геометрических форм

Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

Раскладываем исследуемую деталь на простые геометрические фигуры (рис.2.3) и площади этих фигур рассчитываем формулам (1), (2), (3), (9), (10) (табл.2.6):

Таблица 2.6 – Площади поверхностей простых форм

31. Площади поверхности простых геометрических форм				ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ЗАГотовок ПРИ ВЫТЯЖКЕ			
№ п/п	Форма поверхности	Эскиз	Площадь поверхности F	№ п/п	Форма поверхности	Эскиз	Площадь поверхности F
1	Круг		$\frac{\pi d^2}{4}$	8	Шаровой пояс		πdh
2	Кольцо		$\frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$	9	Четверть сферического кольца (выпуклая)		$\frac{\pi}{4} (2adr + 8r^2)$
3	Цилиндр		πdh	10	Четверть сферического кольца (вогнутая)		$-\frac{\pi}{2} (\pi dr + 2,28r^2)$ или $\frac{\pi}{4} (2ad_1r - 8r^2)$
4	Конус		$\frac{\pi dl}{2}$	11	Часть выпуклого сферического кольца		$\pi (dL + 2rh)$, где $L = \frac{\pi r \alpha}{180} = 0,017r\alpha$
5	Усеченный конус		$\frac{\pi l}{2} (d_1 + d_2)$	12	Часть вогнутого сферического кольца		$\pi (dL - 2rh)$, где $L = \frac{\pi r \alpha}{180} = 0,017r\alpha$
6	Полушарие		$\frac{\pi d^2}{2}$				
7	Шаровой сегмент		πdh				

$$S_1 = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2) = \frac{3,14}{4} (180^2 - 170^2) = 2\,747,5 \text{ мм}^2$$

$$S_2 = \frac{\pi}{4} (2 * \pi * d_1 * r - 8 * r^2) = \frac{3,14}{4} (2 * 3,14 * 180 * 5 - 8 * 5^2) = 4\,279,82 \text{ мм}^2$$

$$S_3 = \pi * d * h = 3,14 * 157 * 93,6 = 46\,142,93 \text{ мм}^2$$

$$S_4 = \frac{\pi}{4} (2 * \pi * d * r - 8 * r^2) = \frac{3,14}{4} (2 * 3,14 * 140 * 10 - 8 * 10^2) = 6\,273,72 \text{ мм}^2$$

$$S_5 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 * 140^2}{4} = 15\,386 \text{ мм}^2$$

Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

$$D = 1,13 * \sqrt{\sum F} =$$

$$= 1,13 * \sqrt{2\,747,5 + 4\,279,82 + 46\,142,93 + 6\,273,72 + 15\,386}$$

$$= 1,13 * \sqrt{74\,829,97} = 309,11 \text{ мм} = 310 \text{ мм}$$

$$M_{\text{заг}} = 0,885 \text{ кг}$$

2.5 Выбор оптимального варианта раскроя

Оценка раскроя определяется коэффициентом использования металла. Экономия металла и уменьшения отходов в холодной штамповке имеет большое значение.

Экономия металла может быть получена за счет:

- целесообразного раскроя листа на полосы или штучные заготовки;
- рационального расположения заготовки на листе, полосе, ленте, правильного расчета перемычек;
- применение малоотходного и безотходного раскроя;
- уменьшения припусков на резку за счет более точного расчета заготовки;
- использования отходов на другие детали.

Выбираем:

Вид раскроя – раскрой с отходами.

Тип раскроя – прямой.

Вырубка заготовки из листа порезанного на полосы.

Резка листа осуществляется гильотинными ножницами.

Определяем ширину полосы при штамповке со свободным перемещением полосы между направляющими:

$$B = A + 2(a + \delta) + c = 310 + 2(2,1 + 0,9) + 1 = 317 \text{ мм}$$

$$a = 2,1; v = 1,7 \text{ [10, стр.14]}$$

$$\delta = 0,9 \text{ [8, стр.17]}$$

$$c = 1 \text{ [8, стр.18]}$$

Шаг расположения заготовок:

					ВКР.2020-СЧ.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		27

$$T = D + B = 310 + 1,7 = 311,7 \text{ мм}$$

$$M_{\text{дет}} = 0,937 \text{ кг}$$

По ГОСТ 19903-2015 [13, стр.12] выбираем два листа:

- 1) Лист 1,5x1000x1500 ГОСТ 19903-2015
- 2) Лист 1,5x1400x2000 ГОСТ 19903-2015

Таблица 2.7 – Расчет вариантов раскроя

Габариты листа	Вариант раскроя	Количество, шт.		
		полос из листа	заготовок из полосы	заготовок из листа
1,5x1000x1500	1 (поперек)	1500/317=4,3	1000/311,7=3,2	4*3=12
1,5x1400x2000	2 (поперек)	2000/317=6,3	1400/311,7=4,5	6*4=24
1,5x1000x1500	3 (вдоль)	1000/317=3,2	1500/311,7=4,8	3*4=12
1,5x1400x2000	4 (вдоль)	1400/317=4,4	2000/311,7=6,4	4*6=24

Расчет КИМ (коэффициент использования материала)

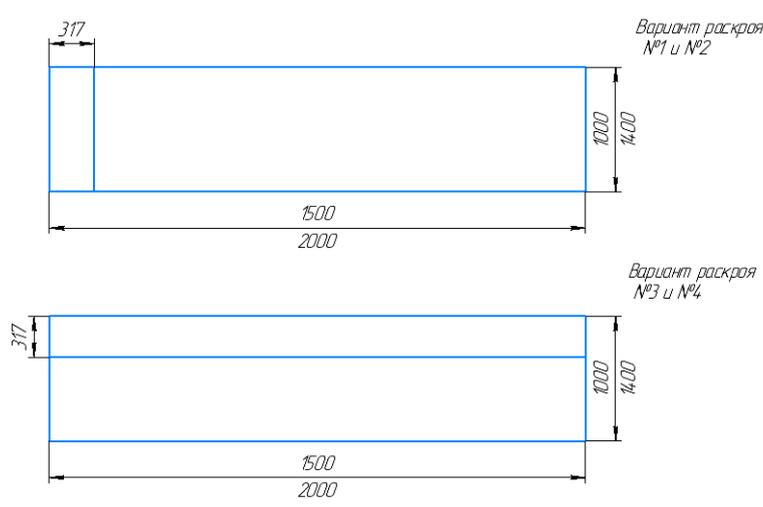


Рисунок 2.4 – Чертежи вариантов раскроя 1-4

1 вариант раскроя:

Лист 1,5x1000x1500 ГОСТ 19903-2015.

					ВКР.2020-СЧ.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		28

Лист режется поперек.

Ширина полосы В=317 мм.

Шаг подачи Т= 311,7

Определение количества полос в листе

$$n = \frac{1500}{B} = \frac{1500}{317} = 4,3 \approx 4 \text{ полосы}$$

Определение количества заготовок из полосы

$$p = \frac{1000}{T} = \frac{1000}{311,7} = 3,2 \approx 3 \text{ заготовки}$$

Определение количества заготовок из листа

$$П = n * p = 4 * 3 = 12 \text{ заготовки}$$

Коэффициент использования материала

$$K_p = \frac{F_3 * П}{B * L}$$

где F_3 –площадь заготовки,

П – количество заготовок,

В – ширина листа,

L- длина листа.

$$F_3 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 * 310^2}{4} = 75\,438,5 \text{ мм}^2$$

$$K_{p1} = \frac{75\,438,5 * 12}{1000 * 1500} = 0,6 \text{ (60\%)}$$

2 вариант раскроя:

Лист 1,5x1400x2000 ГОСТ 19903-2015.

Лист режется поперек.

Ширина полосы В=317 мм.

Шаг подачи Т= 311,7

Определение количества полос в листе

$$n = \frac{2000}{B} = \frac{2000}{317} = 6,3 \approx 6 \text{ полос}$$

					ВКР.2020-СЧ.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		29

Определение количества заготовок из полосы

$$p = \frac{1400}{T} = \frac{1400}{311,7} = 4,5 \approx 4 \text{ заготовки}$$

Определение количества заготовок из листа

$$П = n * p = 6 * 4 = 24 \text{ заготовки}$$

Коэффициент использования материала

$$Кр2 = \frac{75\,438,5 * 24}{1400 * 2000} = 0,65 \text{ (65\%)}$$

3 вариант раскроя:

Лист 1,5x1000x1500 ГОСТ 19903-2015.

Лист режется вдоль.

Ширина полосы В=317 мм.

Шаг подачи Т= 311,7

Определение количества полос в листе

$$n = \frac{1000}{B} = \frac{1000}{317} = 3,2 \approx 3 \text{ полос}$$

Определение количества заготовок из полосы

$$p = \frac{1500}{T} = \frac{1500}{311,7} = 4,8 \approx 4 \text{ заготовки}$$

Определение количества заготовок из листа

$$П = n * p = 3 * 4 = 12 \text{ заготовки}$$

Коэффициент использования материала

$$Кр3 = \frac{75\,438,5 * 12}{1000 * 1500} = 0,6 \text{ (60\%)}$$

4 вариант раскроя:

Лист 1,5x1400x2000 ГОСТ 19903-2015.

Лист режется вдоль.

Ширина полосы В=317 мм.

Шаг подачи Т= 311,7

					ВКР.2020-СЧ.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		30

Определение количества полос в листе

$$n = \frac{1400}{B} = \frac{1400}{317} = 4,4 \approx 4 \text{ полос}$$

Определение количества заготовок из полосы

$$p = \frac{2000}{T} = \frac{2000}{311,7} = 6,4 \approx 6 \text{ заготовки}$$

Определение количества заготовок из листа

$$П = n * p = 4 * 6 = 24 \text{ заготовки}$$

Коэффициент использования материала

$$Kp4 = \frac{75\,438,5 * 24}{1400 * 2000} = 0,65 \text{ (65\%)}$$

Вывод: КИМ у 2 и 4 варианта раскроя равен 65%, у 1 и 3 вариантов раскроя 60%. Выбираем из 2 или 4 варианта. Выбран 4 вариант раскроя [11]:

$$\text{Лист г/к} = \frac{\text{Б-ПУ-НО-1,5x1400x2000 ГОСТ 19903-2015}}{12X18H10T-M36 \text{ ГОСТ 5582-75}}$$

2.6 Расчет усилий по операциям и переходам

При расчёте технологического процесса, который ведётся пооперационно, важным является правильный выбор числа операций, переходов и их последовательности.

Для каждой операции рассчитываются определенные технологические параметры, необходимые для выбора оборудования, проектирования штампов, его отладки и правильного осуществления технологического процесса.

2.6.1 Определяем усилие резки. Выбор оборудования

Усилие резки гильотинных ножниц:

$$P = 0,5 \times \frac{s^2}{\text{tg}\varphi} \times \sigma_{\text{ср}} = 0,5 \times \frac{1,5^2}{\text{tg}2} \times 460 = 19\,714,3 \text{ Н} = 19,71 \text{ кН}$$

Выбираем гидравлические гильотинные ножницы Q11 Y/K-6*3200 ADH (табл.2.8). Страна производства Китай.

					ВКР.2020-СЧ.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		31



Рисунок 2.5 - Гидравлические гильотинные ножницы Q11 Y/K-6*3200 ADH.

Таблица 2.8 – Характеристика гидравлических гильотинных ножниц Q11 Y/K-6*3200 ADH.

Модель	Максимальная толщина	Максимальная длина	Число ходов, об/мин	Ход заднего упора, мм	Угол резки, град	Мощность двигателя, кВт	Габариты
6*3200	6	3200	14-35	20-600	0,5-1,5	7,5	3900x1580x2150

Усилие вырубки:

$$P = \pi \times D_{заг} \times s \times \sigma_{ср} = 3,14 \times 310 \times 1,5 \times 460 = 671\,646\,H = 671\,кН$$

Усилие снятия на усилие вырубки:

$$P_{сн} = K_{сн} \times P = 0,03 \times 671 = 20,13\,кН$$

$$P_{нр} = K_{нр} \times P = 0,02 \times 671 = 13,42\,кН$$

$$K_{сн} = 0,03 \dots 0,05$$

$$K_{нр} = 0,02 \dots 0,06 \text{ [10, стр. 20, табл. 5]}$$

Усилие для выбора прессы:

$$P_{общ} = 1,3 \times (P + P_{сн} + P_{нр}) = 1,3 \times (671 + 20,13 + 13,42) = 915,9\,кН$$

Выбираем пресс для вырубки заготовки из листа:

- усилие не менее чем 915,9 кН;
- рабочий ход $h > (5 \dots 10)s$; $h > 15\,мм$;
- закрытая высота $H_{зак} > 150 \times s$; $H_{зак} > 225\,мм$.

Определения усилия для обсечки края:

$$P_{обс} = L \times s \times \sigma_{ср} = (\pi \times 180) \times 1,5 \times 460 = 389\,988 \text{ Н} = 390 \text{ кН}$$

2.6.2 Определяем количество операций вытяжки

Таблица 2.9 – Количество операций вытяжки цилиндрических деталей с фланцем [10, стр. 33, табл. 15].

h_p/d	При D_ϕ/d		
	1,5	2,0	3,0
0,5	1	2	3
1,0	2	3	4
2,0	3	4	5

$$D_\phi/d = 180/160 = 1,125$$

$$h/d = 111/160 = 0,69$$

Ориентировочное количество операций вытяжка 2.

Диаметр первой вытяжки

$$d_1 = m_1 \times D_3 = 0,53 \times 310 = 164,3 \text{ мм},$$

где m_1 – таблице 2.9

Наибольшая высота вытяжки с фланцем за первую операцию

$$h_1 = K_1 \times d_1 = 0,55 \times 164,3 = 90,37 \text{ мм}$$

где K_1 – коэффициент по таблице 2.9.

Таблица 2.10 – Наименьшее значение коэффициентов m_1 и K_1 для цилиндрических деталей с фланцем

D_{ϕ}/d_1	При $\frac{s}{D_3} 100$									
	св. 0,06 до 0,2		св. 0,2 до 0,5		св. 0,5 до 1,0		св. 1,0 до 1,5		св. 1,5 до 2,0	
	m_1	K_1	m_1	K_1	m_1	K_1	m_1	K_1	m_1	K_1
До 1,1	0,59	0,48	0,57	0,56	0,55	0,63	0,53	0,66	0,50	0,82
Св. 1,1 до 1,3	0,55	0,43	0,54	0,49	0,53	0,55	0,57	0,59	0,49	0,72
» 1,3 » 1,5	0,52	0,38	0,51	0,44	0,50	0,49	0,49	0,56	0,47	0,64
» 1,5 » 1,8	0,48	0,32	0,48	0,36	0,47	0,40	0,46	0,48	0,45	0,53
» 1,8 » 2,0	0,45	0,27	0,45	0,31	0,44	0,35	0,43	0,41	0,42	0,46
» 2,0 » 2,2	0,42	0,24	0,42	0,27	0,42	0,30	0,41	0,35	0,40	0,40
» 2,2 » 2,5	0,38	0,19	0,38	0,21	0,38	0,24	0,38	0,28	0,37	0,31
» 2,5 » 2,8	0,35	0,14	0,35	0,16	0,34	0,19	0,34	0,21	0,33	0,24

Диаметры вытяжки для второго и следующих переходов:

$$d_2 = m_2 \times d_1 = 0,77 \times 164,3 = 128,2 \text{ мм}$$

где $m_2 = 0,78 \dots 0,76$ – по таблице 2.10

$$s/D_3 \times 100 = 1,5/310 \times 100 = 0,48$$

Таблица 2.11 – Значение коэффициента вытяжки с прижимом цилиндрических деталей без фланца

$\frac{s}{D_3} 100$	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5
Св. 0,06 до 0,2	0,60...0,58	0,80...0,78	0,82...0,80	0,84...0,82	0,86...0,84
» 0,2 » 0,5	0,58...0,56	0,78...0,76	0,80...0,78	0,82...0,80	0,84...0,82
» 0,5 » 1,0	0,56...0,53	0,76...0,74	0,78...0,76	0,80...0,78	0,82...0,80
» 1,0 » 1,5	0,53...0,50	0,74...0,72	0,76...0,74	0,78...0,76	0,80...0,78
» 1,5 » 2,0	0,50...0,46	0,72...0,70	0,74...0,72	0,76...0,74	0,78...0,76

Примечание. Данные относятся к стали глубокой вытяжки и мягкой латуни. Для менее пластичных материалов коэффициенты увеличиваются на 1,5...2,0%.

Диаметр детали без фланца составляет 160 мм, после двух операций вытяжки диаметр будет составлять 128,2 мм, поэтому в технологическом процессе используем только одну операцию вытяжки.

Пределы выполнения вытяжки с прижимом

$$s/D_3 \times 100 = 2 \dots 0,05$$

$s/D_3 \times 100 = 0,48$ – условия выполняются.

Используем вытяжку с прижимом.

2.6.3 Определение усилий вытяжки. Выбор оборудования

Проверяем необходимость прижима:

$$D_3 - d_1 > 22 \times s$$

$$310 - 164,3 > 22 \times 1,5$$

$145,7 > 33$ – условия выполняются, используем вытяжку с прижимом.

Определяем усилие вытяжки:

$$P_{\text{в1}} = \pi \times d \times s \times K_{\text{вт}} \times \sigma_{\text{ср}} = 3,14 \times 160 \times 1,5 \times 1 \times 460 = 346\,656 \text{ Н} = 346,6 \text{ кН}$$

$$P_{\text{прж}} = \frac{q_{\text{прж}} \times F_{\text{прж}}}{1000} = \frac{1,3 \times 48774,8}{1000} = 63,4 \text{ кН}$$

$$F_{\text{прж}} = \frac{\pi}{4} \times (D_3^2 - (d_1 + 2r \times m)^2) = \frac{3,14}{4} \times (310^2 - (164,3 + 2 \times 10 \times 1)^2) = 48\,774,8 \text{ мм}^2$$

Находим суммарное усилие вытяжки с прижимом:

$$\Sigma P = 2 \times (P_{\text{в1}} + P_{\text{прж}}) = 2 \times (346,6 + 63,4) = 820 \text{ кН}$$

2.6.4 Выбор оборудования для вырубки заготовки из листа, для обесчечки краев и вытяжки детали.

Для формоизменяющих операций выбираю многопозиционный листоштамповочный пресс – автомат А6035 (рис.2.6).

Таблица 2.12 - Технические характеристики станка А6035

Параметр	Значение
Номинальное усилие, кН	3000
Наибольший ход ползуна, мм	260
Расстояние между столом и ползуном, мм	860
Частота ходов ползуна непрерывных, 1/мин	25
Размеры стола: ширина, длина, мм	-
Мощность двигателя главного движения / мощность суммарная, кВт	32.4
Габариты, мм	5100×3100×5950

Масса, кг	88000
Начало серийного выпуска, год	1976
Завод-производитель	Барнаулский завод механических прессов АлтайПресс, ОАО

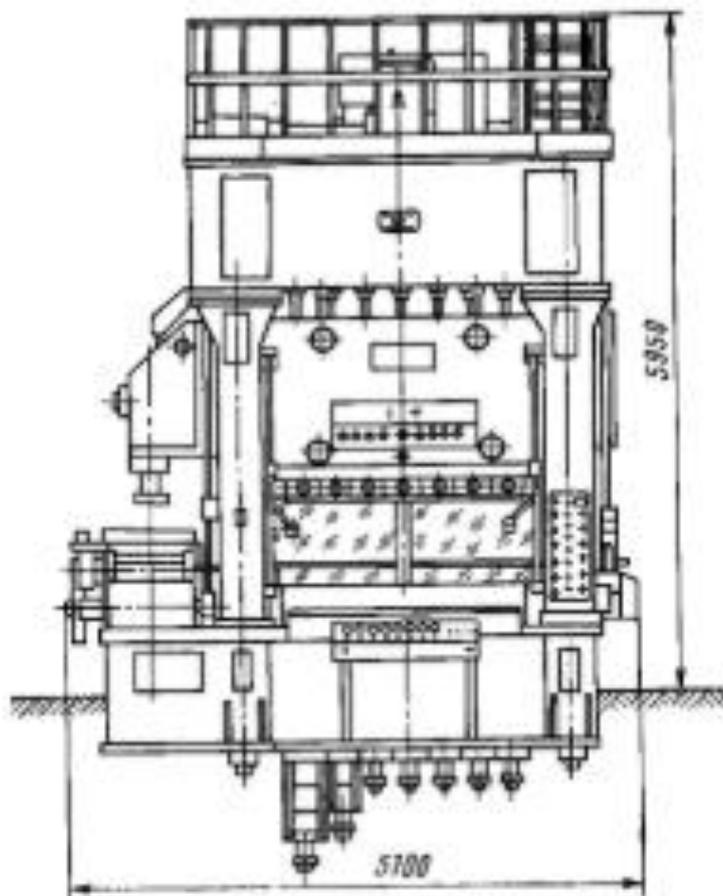


Рисунок 2.6 – Общий вид многопозиционного листоштамповочного пресса – автомата А6035

2.6.5 Выбор смазки для штамповки детали «Корпус кастрюли»

Смазки на биополимерной основе разработаны специально для использования в процессах металлообработки. Они имеют уникальный «теплоактивирующийся» компонент - сверхтемпературные высокопрочные полимеры, они повышают вязкость жидкости при увеличении нагрева и

					ВКР.2020-СЧ.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		36

давления при штамповке и обработке металла давлением. Высокотехнологичные продукты обеспечивают прочный вязкий защитный пленочный барьер и таким образом позволяют повышать производительность инструмента, срок его службы и снижать количество брака.

Для сложных процессов обработки металлов давлением при использовании традиционных масел требуется либо очень толстый слой, либо масла с увеличенной вязкостью. При повышении температуры в процессе обработки металлов давлением вязкость масла уменьшается и слой смазки при этом истончается, в связи с чем необходим изначально более толстый слой масла, для того, чтобы в критической точке процесса было достаточно смазки. При завершении процесса вязкость масла возвращается к исходному показателю, а полученная деталь остается покрытой толстым слоем масла, для удаления которого необходимы агрессивные моющие средства.

Выбираю смазку КМ 30 156. Для нее не требуется изначально толстый слой нанесения, так как при достижении экстремальных температур высокопрочные полимеры уплотняются и образуют на поверхности металла защитную плёнку, уменьшающую трение при деформации металла. Высокопрочные полимеры создают защитный барьер, и штамповка происходит без таких дефектов как трещины, задиры или налипание металла на штамп.

Основными областями применения смазки КМ 30 156 являются: обработка металла давлением, штамповка, глубокая вытяжка, механическая обработка, прошивка и вырубка, обработка на токарно-давальном станке, накатка резьбы.

Данную смазку наносят тонким слоем, благодаря чему после штамповки на деталях остаётся незначительное количество смазки, которое легко смывается простой водой. Обычные слабощелочные моющие средства также легко справятся с удалением остатков смазки.

					ВКР.2020-СЧ.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		37

Смазка КМ 30 156 имеет безмасляную водную основу, она практически не токсична, в отличие от большинства смазок применяемых для обработки металла давлением. Данная смазка в большинстве случаев не требуется переработки отходов и загрязнений.

Таблица 2.13- Инструкция по применению смазки КМ 30 156

Для каких металлов используется	Нержавеющие стали, оцинкованные стали, высокопрочные стали
Способ нанесения	- Нанесение валиком или кисточкой - Распылительная система (Диаметр отверстий распылителя от 0,5мм до 0,9мм) - Капельная система подачи
Очистка инструмента	Перед первым использованием необходимо очистить инструмент, резервуар и систему подачи смазки от ранее используемых смазок для того, чтобы исключить «эффект памяти углеводородов» (после использования смазок на масляной основе). Используйте средства на водной основе или обезжиривающие моющие средства.
Очистка заготовок	Нет необходимости очищать металл от масла.
Последующая обработка	В большинстве случаев поверхность деталей остаётся сухой и практически чистой, поэтому перед последующей обработкой (покраской, лакировкой, нанесением покрытий, сваркой, механической обработкой) не требуется мойка деталей. При необходимости остатки смазки легко смываются тёплой водой. Не требуется никаких специальных моющих средств.
Транспортировка и хранение	Контейнер должен храниться плотно закрытым, в помещении при комнатной температуре, ок. 20°С.

2.6.6 Контроль качества изготовления детали

Технические нормы времени являются не стабильными и не имеют пределов. Они изменяются вместе с усовершенствованием технологических методов и средств производства, с повышением организационного уровня производства, ростом технического и культурного уровня рабочего.

Разделительные и формоизменяющие операции осуществляются применением ручного труда.

Разделительная операция (вырубка заготовки) для большего согласования с вытяжкой на пресс-автомате. Вытяжная операция более длительная по времени, соответственно расчет нормы штучного времени необходимо вести по наиболее длительной операции.

$$T_{шт} = (T_3/x + 1/nz)x(1+K)$$

Где T_3 – время на заправку ленты в валки или зажимы и подачу её в штамп до упора, мин;

x – количество деталей штампуемых из ленты;

z – количество одновременно штампуемых деталей;

n – число ходов пресса, мин⁻¹;

K – отношение дополнительного времени к оперативному, для пресса 300 т (3000кН); $K=0,14$

$$T_{шт} = (10/24 + 25/24 \times 1) \times (1 + 0,14) = 1,7 \text{ мин}$$

Норма выработки:

$$N_B = 480/T_{шт} = 480/1,7 = 282 \text{ шт. в смену.}$$

2.7 Контроль качества изготовления детали

Качество изготавливаемой продукции зависит от качества технологического процесса ее изготовления.

Технический контроль можно разделить на стационарный и подвижной. В первом случае детали после определенной операции или полной обработки доставляются на постоянный контрольный пункт, где их проверяют на наличие дефектов и погрешности по размерам.

Для контроля громоздких деталей применяется подвижный контроль. Деталь проверяется контролером на месте изготовления. Данный метод применяется если необходимо использовать специальную или сложную измерительную аппаратуру. Место и условия проверки должны обеспечить ее полноту и надежность.

					ВКР.2020-СЧ.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		39

Контроль качества может быть сплошной — проверяется каждая единица продукции и выборочным — проверяется определенное количество изделий (выборки) из партии изделий.

Сплошной контроль применяется в тех случаях, когда технологический процесс не обеспечивает достаточной стабильности заданных размеров и других параметров качества продукции; при неоднородности качества материалов или комплектующих изделий; после технологических операций, от которых в значительной мере зависят точность или другие качественные показатели изделия, а также при проверке сложной или точной готовой продукции.

Выборочный метод контроля. Рабочий - оператор имеет возможность больше уделять внимания вопросу поддержания стабильности технологического процесса, обеспечивая, таким образом, бездефектную работу. При выборочном контроле особое значение имеет определение оптимальной выборки — количества проверяемых деталей из каждой партии.

При обычном выборочном контроле ее размер определяется на основании анализа ряда выборок из различных партий данного наименования детали без расчетного обоснования. Для более точного и обоснованного определения размера выборки (при котором учитывается точность проверяемого параметра, состояние оборудования и оснастки, квалификация рабочего и другие факторы, определяющие качество работы) применяется статистический метод контроля, при котором количество деталей из партии, подлежащих проверке, определяется расчетным путем. Статистический контроль применяется главным образом при проверке крупных партий деталей.

Необходимо понимать, что выборочный метод контроля обработанных деталей может обеспечить достаточную информацию об их качестве лишь при хорошо налаженном и стабильном технологическом процессе. Вместе с тем данный метод является наиболее целесообразным при организации

					ВКР.2020-СЧ.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		40

контроля на рабочих местах, внедрении бездефектной работы и личных клейм.

При внедрении выборочного контроля необходимо создать все условия (нормальную работу станка, своевременную заточку инструмента, идентичные припуски и однородность качества материала заготовок и т. д.) для получения максимальной стабильности размеров и других качественных показателей обработанных деталей, обеспечить все предпосылки для успешного применения метода выборочного контроля операторами на рабочих местах.

Различают такие виды контроля, как пооперационный контроль (после каждой операции) и групповой (после группы операций). Пооперационный контроль применяется при выполнении наиболее точных работ, а также в тех случаях, когда качество одной технологической операции существенно влияет на последующую обработку детали

Если несколько последовательных операций органически связаны между собой, то их проверку целесообразно осуществлять одновременно — групповым методом, сокращающим трудоемкость контроля.

Для выявления продукции, не соответствующей техническим условиям, применяется приемочный контроль. Результаты его (включая испытание изделия) фиксируются клеймением продукции, в актах, протоколах или других документах.

Контроль деталей и изделий может быть произведен визуальным способом (наружным осмотром) или инструментальным измерением геометрических параметров (линейных и угловых размеров, форм, взаимного расположения поверхностей и т.п.), а также проверкой различных физических характеристик (твердости, магнитной проницаемости и др.).

Следует отметить, что контроль качества с разбраковкой после обработки всей партии деталей, получивший распространение на многих заводах, носит пассивный характер и скорее всего приведет к существенным

материальным потерям. Более эффективным является метод предупредительного контроля качества, особенно при внедрении системы бездефектной работы и самоконтроля.

Рабочего - оператора может удовлетворить лишь тот метод контроля, который может ему помочь в предотвращении брака и обеспечении систематической сдачи продукции с первого предъявления.

Поэтому браковочный контроль по системе «годен — не годен» на рабочем месте неприемлем. Предупредительный метод контроля в процессе обработки партии деталей дает возможность судить о целесообразности продолжения работы или необходимости принятия соответствующих мер для обеспечения требуемого качества.

Если рабочий, контролируя детали в ходе выполнения операции, обнаруживает систематическую погрешность, он может ввести соответствующую поправку в технологический процесс (устранить погрешности при наладке штампа, произвести переточку рабочих деталей пуансон, матрица) и тем самым предотвратить погрешности при обработке последующих деталей.

Исходя из этого, необходимо подчеркнуть значение контроля выполнения установленного технологического процесса и борьбы с нарушениями технологической дисциплины. Все требования и указания, которые предусмотрены в технологической документации, должны выполняться рабочими и мастерами, учитывая, что при ее разработке технолог предусматривает высококачественное выполнение всего комплекса технологических работ по созданию изделия и что нарушение какого-либо требования на одной операции может отрицательно сказаться на последующих операциях и качестве изделия.

					ВКР.2020-СЧ.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		42

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе разработан проект технологического процесса изготовления детали «Корпус кастрюли».

Цель выпускной квалификационной работы разработать проект технологического процесса детали «Корпус кастрюли», успешно выполнена.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы, все поставленные задачи были достигнуты:

—исследовано современное состояние процессов листовой штамповки;

—проанализирована деталь на технологичность;

—разработан вариант технологии изготовления данной детали;

—определены размеры заготовки и оптимальный раскрой исходного материала, рассчитан коэффициент использования материала, исходным материалом выбран лист: Лист г/к = $\frac{\text{Б-ПУ-НО-1,5x1400x2000 ГОСТ 19903-2015}}{12X18H10T-M36 \text{ ГОСТ 5582-75}}$,

т.к. КИМ наиболее эффективный;

—рассчитан технологический процесс, т.е. для каждой операции определены технологические параметры, необходимые для выбора оборудования;

—выбрано современное оборудование - многопозиционный листоштамповочный пресс – автомат А6035;

—для изготовления выбрана смазка КМ 30 156;

—рассчитана норма штучного времени.

В ходе выпускной квалификационной работы выполнено оформление демонстрационного стенда «Требования к оформлению и пример ВКР по направлению 22.03.02 Metallургия, профиль Обработка металлов давлением» (четыре стенда формата А1).

					ВКР.2020-3.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		43

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Головин В.А. и др. Технология и оборудование холодной штамповки. М.: Машиностроение, 1987.
2. Зубцов И.Е. Листовая штамповка. М.: Машиностроение, 1980.
3. Ковалев В.Г., Ковалев С.В. Технология листовой штамповки. Технологическое обеспечение точности и стойкости.
4. Матвеева А.Д. Ковка и штамповка. Справочник. Т.4. Под ред. Матвеева А.Д. М.: Машиностроение, 1987.
5. Мещерин В.П. Листовая штамповка. Атлас схем. М.: Машиностроение, 1975.
6. Норицын Н.А. и др. Автоматизация и механизация технологических процессовковки и штамповки. М.: Машиностроение, 1975.
7. Попов Е.А., Ковалев В.Г., Шубин И.Н. Технология и автоматизация листовой штамповки.
8. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Л., М.: Машиностроение, 1971., 1979.
9. Семенов Е.И. Ковка и штамповка. Справочник. Т.1. Под ред. Семенова Е.И. М.: Машиностроение, 1985.
10. Стеблюк В.И., Марченко В.Л., Белов В.В., Гривачевский А.Г. Технология листовой штамповки. Курсовое проектирование. М.: Киев, 1983.
11. ГОСТ 5582-75 Прокат тонколистовой коррозионно-стойкий, жаростойкий и жаропрочный. Технические условия
12. ГОСТ 5632-2014 Нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки
13. ГОСТ 19903-2015 Межгосударственный стандарт Прокат листовой горячекатаный. Сортамент
14. Общемашиностроительные нормативы времени на холодную штамповку.
15. ОСТ 92-2573-85 Отраслевой стандарт Смазки технологические для листовой штамповки. Выбор и назначение

					ВКР.2020-ПЗБ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		44

16. РДМУ 80-76. М.: Издательство стандартов, 1977.

17. Европейская металлургическая компания / https://emk24.ru/wiki/stal-gost/stal-12kh18n10t_8164871

					ВКР.2020-ПЗБ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		45