

**Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
Филиал «Протвино»
Кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств»**

А.А. Евсиков, А.М. Сасов

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ»
ЭЛЕКТРОННОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

Рекомендовано
кафедрой автоматизации технологических процессов и производств
филиала «Протвино» государственного университета «Дубна»
в качестве методического пособия для студентов,
обучающихся по направлению
«Автоматизация технологических процессов и производств»

Протвино
2017

УДК 669.018
ББК 34.5я 73
Е25

Рецензент:
главный инженер Специального конструкторского бюро
института космических исследований РАН
А.Н. Наумов

Евсиков, А.А
Е25 Лабораторные работы по дисциплине «Физические основы обработки металлов давлением»: электронное методическое пособие / А.А. Евсиков, А.М. Сасов. — Протвино, 2017. — 28 с.

В методическом пособии изложен теоретический материал, необходимый для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Физические основы обработки металлов давлением», а также приводится методика выполнения лабораторных работ.

Методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств».

УДК 669.018
ББК 34.5я 73

© Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна», филиал «Протвино», 2017
© Евсиков А.А., Сасов А.М., 2017

Содержание	Стр.
Введение	
1. Лабораторная работа №1	
1.1. Технология вытяжки изделия из листовой заготовки без утонения стенки	4
1.2. Цель работы	4
1.3. Задание	4
1.4. Оборудование и инструменты	4
1.4.1 Теоретические сведения о пластической деформации в кристаллах	6
1.4.2. Виды холодной штамповки	7
1.5 Расчет параметров технологического процесса вытяжки детали	8
1.6. Методика выполнения работ	10
1.7. Анализ поверхностных дефектов штампованных деталей	11
1.8. Содержание отчета о выполненной работе	11
1.9. Контрольные вопросы	11
Библиографический список	12
Лабораторная работа №2	
2. Разделительные операции листовой штамповки	13
2.1. Цель работы	13
2.2. Задание	13
2.3. Оборудование и инструменты	13
2.4. Теоретические сведения о процессах вырубки	13
2.5 Методика выполнения работ	15
2.6 Содержание отчета	16
2.7 Контрольные вопросы	16
Библиографический список	16
Лабораторная работа № 3	
3. Технология штамповки изделий из металлических порошков	17
3.1. Цель работы	17
3.2. Задание	17
3.3. Оборудование	17
3.4. Теоретические особенности штамповки деталей из металлических порошков	17
3.4.1. Физические закономерности штамповки металлических порошков....18	18
3.5. Методика выполнения работ	20
3.4.2. Содержание отчета о выполненной работе	22
3.5 Контрольные вопросы	22
3.6. Библиографический список	22
Лабораторная работа №4	
4. Технология получения профилей методом давления	24
4.1. Цель работы	24
4.2. Задание	24
4.3. Оборудование	24
4.4. Теоретические сведения о технологии прокатки профилей	24
4.5. Методические указания к практическим занятиям	27
4.6. Отчет о выполненной работе	28
4.7 Контрольные вопросы	28
Библиографический список	28

Введение

Лабораторные работы по дисциплине «Физические основы обработки металлов давлением» посвящены технологическим процессам изготовления из металлов, сплавов и композиционных материалов заготовок, деталей и изделий, применяемых в машиностроении.

Цель лабораторных работ - привить студентам навыки обоснованно выбирать материалы при конструировании изделия, учитывая при этом требования технологичности, а также влияние технологических методов получения и обработки заготовок на качество и себестоимость деталей.

Основная задача лабораторных работ – закрепление знаний студентами физико-химических основ и технологических особенностей процессов обработки материалов, принципов устройства типового оборудования, инструментов и приспособлений, технико-экономических и экологических характеристик технологических процессов и оборудования, а также областей их применения.

Описание технологических процессов основано на их физической сущности и предваряет сведения о строении и свойствах конструкционных материалов. Современные технологические процессы характеризуются многообразием форм и специфических особенностей, возникающих при их слиянии и взаимопроникновении.

При выполнении Лабораторных работ необходимо знать, что результаты измерений любого эксперимента являются первичными данными и представляют особую ценность. Следует твердо запомнить, что эти данные не должны исправляться, их необходимо фиксировать, так как они есть, потому, что не всегда можно воспроизвести условия эксперимента заново. Если возникли сомнения в правильности эксперимента, его следует повторить и получить новые данные, но не исправлять старые результаты.

Выдавая задание студенту, преподаватель, по своему усмотрению, выбирает варианты из списка материалов предваряющего каждую Лабораторную работу.

Лабораторная работа №1

1. Технология вытяжки изделия из листовой заготовки без утонения стенки

1.1. Цель работы

Цель работы - изучение технологии получения заготовок и изделий холодной листовой штамповкой, знакомство с конструкцией штампов и технологического оборудования. Приобретение студентами практических навыков вытяжки рельефных изделий из листового металла.

1.2. Задание

Рассчитать усилие вытяжки детали типа «лодочка» с фланцем. Произвести штамповку детали. Описать поверхностные дефекты полученного изделия. Разработать рекомендации по устранению дефектов.

1.3. Оборудование и инструменты

В качестве базового оборудования, в машиностроительном производстве для холодной листовой штамповки деталей, используются механические кривошипно-шатунные или гидравлические прессы.

Для проведения данной лабораторной работы используется настольный гидравлический пресс Trommelberg SD100802 с ручным приводом. Для измерения развиваемого усилия пресс оснащен манометром. Максимальное усилие до 10 тонн. Ход штока 135 мм. Высота рабочего пространства пресса 0-358 мм.

Гидравлический пресс состоит из двух сообщающихся гидравлических цилиндров, с поршнями, разного диаметра. Цилиндры заполняются жидкостью. Перекачка жидкости из одного цилиндра в другой, в соответствии с законом Паскаля, обеспечивает увеличение силы. По сути, работу гидравлического пресса можно сравнить с эффектом Архимедова рычага. Только в качестве передающего усилие объекта используется жидкость, а усилие зависит от величины отношения площадей, рабочих поверхностей поршней.

Для изготовления детали типа «лодочка» используем штамп. Штамп это деформирующий инструмент, под воздействием которого материал заготовки приобретает форму и размеры, соответствующие поверхности или контуру этого инструмента. Любой штамп состоит, как минимум, из трех важнейших элементов - матрицы, пуансона и прижима. Матрица неподвижна и имеет внутреннюю формообразующую поверхность, конфигурация которой соответствует конфигурации детали. Пуансон передает деформирующее усилие от пресса на заготовку и при перемещении деформирует её на рабочей поверхности матрицы. На рисунке 1.1 показан штамп в разобранном состоянии, и в рабочем положении на столе пресса.

С целью улучшения наглядности при выполнении лабораторной работы конструкция штампа выполнена предельно простой. Он состоит из матрицы, прижима, рисунок, и пуансона, рисунок 1.1. Прижим давит на заготовку с силой равной силе затяжки восьми стальных винтов М5. Расположены они в зоне деформации заготовки, с шагом 10 мм. Винты, к тому же, выполняют функцию направляющих, рисунок.

Для точного совмещения конструктивных элементов матрицы и прижима, на матрице установлены два штифта, а на прижиме, в соответствующих местах, выполнены два отверстия. Заготовка обрабатываемого материала размещается между двумя рядами винтов. Подготовленный к работе штамп устанавливается на столе пресса.

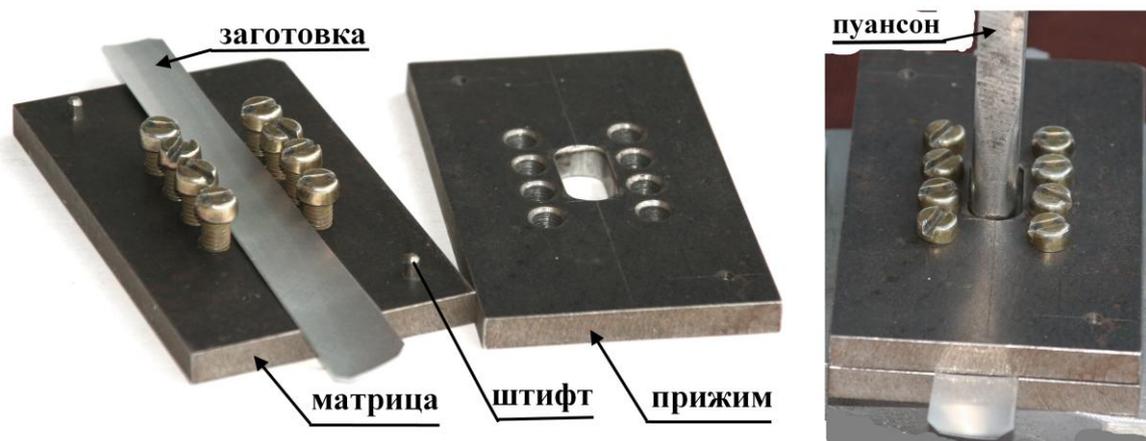


Рисунок 1.1. Штамп для изготовления детали типа «лодочка».

В серийном и массовом производстве, для повышения производительности и улучшения качества деталей выполнение нескольких простых операций объединяют в одном штампе более сложной конструкции. Например, объединяют операции вырубki и гибки, вырубki и вытяжки, вытяжки и пробивки. Штампы, предназначенные для выполнения таких объединенных операций, называют комбинированными или многооперационными.

1.4. Теоретические сведения о пластической деформации в кристаллах

Способность металлов пластически деформироваться без разрушений называется пластичностью. Пластическую деформацию разделяют на холодную и горячую. Холодная деформация – это деформация, которая происходит при температурах ниже температуры рекристаллизации. Такая деформация приводит к наклепу металла. Обработку сплава давлением при температурах ниже температуры рекристаллизации называют холодной обработкой давлением.

Горячая пластическая деформация – это деформация, которая осуществляется при температурах выше температуры рекристаллизации. Обработка давлением выше температуры рекристаллизации называется горячей обработкой давлением. При горячей обработке - прокатке, прессовании, штамповке, ковке, упрочнение полученное металлом в результате наклепа частично снимается рекристаллизацией.

Таким образом, границей между холодной и горячей обработкой давлением является температура рекристаллизации материала. Для легкоплавких металлов, таких как свинец (температура плавления 327°C) и олово (температура плавления 232°C), температура рекристаллизации находится ниже нуля (для свинца минус 30°C , для олова минус 70°C). Поэтому обработка давлением при комнатной температуре является для этих металлов горячей. Для большинства конструкционных металлов обработка давлением при комнатной температуре является холодной. Для тугоплавких металлов, таких как вольфрам, температура плавления которого 3380°C , обработка давлением при $1000 - 1100^{\circ}\text{C}$ является холодной.

Пластичность – одна из важнейших характеристик металлов, которая определяет возможность получения изделий различными способами обработки давлением, и от которой в значительной степени зависит надежность изделий в процессе их эксплуатации. Механизм пластической деформации в металлах обусловлен наличием дефектов в кристаллической решетке.

Минимальные размеры имеют точечные дефекты. К ним относятся вакансии, узлы кристаллической решетки, в которых атомы отсутствуют, и дислоцированные атомы, находящиеся вне узлов кристаллической решетки. Вакансии и дислоцированные атомы появляются в кристаллах при любой температуре выше абсолютного нуля в результате тепловых колебаний атомов. Точечные дефекты влияют в основном на диффузионные процессы в металлах и сплавах, и на некоторые их физические свойства, такие как электропроводность, магнитные свойства.

Гораздо сильнее сказываются на свойствах металлов линейные дефекты. Они имеют малые размеры в двух измерениях, соизмеримых с размерами атомов, но зато имеют большую протяженность в третьем измерении. Такие дефекты называются дислокациями. Вокруг дислокации решетка упруго искажена и имеет повышенный запас внутренней энергии.

В монокристаллах идеального строения для осуществления пластического сдвига необходимо приложить очень большие внешние напряжения, поскольку требуется разорвать все атомные связи в плоскости скольжения одновременно. В реальных кристаллах пластический сдвиг осуществляется при напряжениях в сотни и тысячи раз меньших.

Объясняется это тем, что под действием напряжений дислокации скользят, перемещаются по граням решетки. Это движение сопровождается разрывом и образованием новых межатомных связей только у линии дислокации. То есть связи разрушаются постепенно, поочередно, одна за другой, рисунок 1.2 а, б, в.

Дислокации исчезают, когда процесс скольжения завершен и в кристалле произошел сдвиг, рисунок 1.2 г. Дислокации в кристаллах перемещаются при очень малых напряжениях, менее 10^4 Па. Поэтому реальные кристаллы металлов легко деформируется.

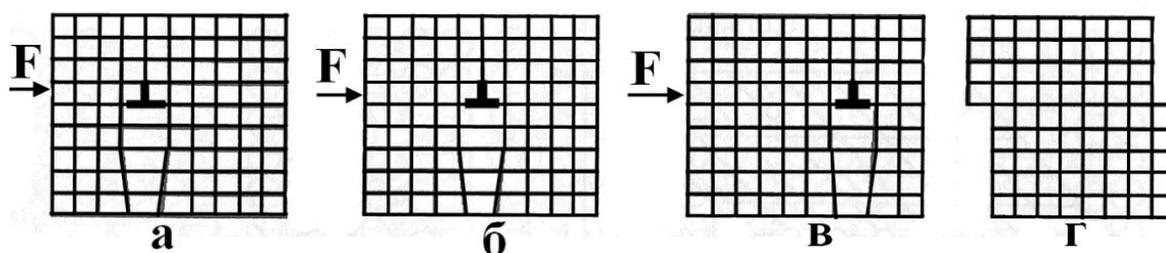


Рисунок 1.2. Схема скольжения краевой дислокации.

К другим дефектами кристаллической решетки, оказывающим большое влияние на механические свойства металлов, относятся поверхностные дефекты. Эти дефекты являются поверхностями раздела между отдельными зёрнами металла или сплава. Граница зёрен представляет собой переходную область шириной до 10 межатомных расстояний. В ней решетка одного зёрна, имеющего индивидуальную кристаллографическую ориентацию, переходит в решетку другого зёрна, имеющего другую, отличающуюся от других зёрен, кристаллографическую ориентацию. Переходный слой имеет сложное строение, в нем нарушено правильное расположение атомов, повышена концентрация примесей.

Границы зёрен препятствуют перемещению дислокаций. Дислокация не может перейти границу зёрна, так как в соседнем зёрне плоскость скольжения не совпадает с плоскостью движения этой дислокации. Чем меньше размер зёрна, тем больше суммарная протяженность границ кристаллов, из которых состоит образец металла. Увеличение границ зёрен создает больше барьеров перемещению дислокаций. Поэтому измельчение зёрна приводит к повышению пределов прочности металлических материалов.

1.4.1. Виды холодной штамповки

Холодная штамповка - это технологический метод получения детали за счет пластической деформации всего объема заготовки, либо отдельных её частей, при температуре ниже температуры рекристаллизации данного металла или сплава.

Холодная штамповка подразделяется на объемную штамповку и листовую. Объемной штамповкой изготавливают пространственные детали сложных форм с высокой размерной точностью и низкой шероховатостью поверхности. К холодной объемной штамповке относят технологические процессы: холодное выдавливание, холодная высадка, холодная формовка.

Холодной листовой штамповкой изготавливают объемные детали из плоских заготовок: листа, полосы, ленты толщиной до 10 мм.

Холодная листовая штамповка представлена двумя группами операций.

Разделительные операции – отрезка, вырубка по контуру и пробивка отверстий связаны с предварительной разделкой листа, полосы или ленты на технологически необходимые мерные заготовки. И формообразующие операции, определяющие способы деформации плоской заготовки, обеспечивающие получение требуемой объемной конфигурации детали. К ним относятся обжим – операция, при которой уменьшается диаметр краевой части полой заготовки в результате заталкивания ее в сужающуюся полость матрицы. Обжимаемая заготовка принимает форму рабочей полости матрицы.

Отбортовка – получение бортов (горловин) путем вдавливания центральной части заготовки с предварительно пробитым отверстием в матрицу. Формовка – операция, при которой изменяется форма заготовки в результате растяжения отдельных ее участков. Толщина заготовки в этих участках уменьшается. Формовкой получают местные выступы на заготовке, ребра жесткости.

Вытяжка с утонением стенки детали увеличивает длину полой заготовки в основном за счет уменьшения толщины стенок исходной заготовки. При вытяжке с утонением стенки зазор между пуансоном и матрицей должен быть меньше толщины стенки, которая, сжимаясь между поверхностями пуансона и матрицы, утоняется и одновременно удлиняется. Вытяжку с утонением стенки применяют для получения деталей с толщиной доньшка, большей толщины стенок. А так же, изготавливают детали со стенкой, толщина которой уменьшается к краю, в таком случае пуансон выполняют конической формы. Кроме этого, производят тонкостенные детали, получение которых вытяжкой без утонения затруднительно в связи с опасностью складкообразования. Вытяжка без утонения стенки – превращает плоскую заготовку в объемное изделие при уменьшении периметра вытягиваемой заготовки.

Основными достоинствами холодной штамповки являются высокая производительность, низкая стоимость технологической операции, взаимозаменяемость получаемых деталей. Кроме этого, создаются благоприятные условия для полной или частичной автоматизации управления процессом штамповки.

Главной технологической особенностью процессов холодной листовой штамповки является высокий уровень пластических свойств обрабатываемых сплавов: низкоуглеродистых сталей, пластичных легированных сталей, латуней, алюминиевых деформируемых сплавов, титана и других.

Пластичность металлов и сплавов зависит от типа кристаллической решетки, химического состава, структуры, температуры, скорости и степени деформации, и других факторов. Наиболее пластичны металлы и сплавы, на их основе, с ГЦК-решеткой: Al, Cu, Pb, Ni и другие. Далее следуют металлы с ОЦК – решеткой, такие как Fe_α, Cr, Mo. Наименее пластичны металлы с ГПУ-решеткой - Zr, Hf.

1.5 Расчет параметров технологического процесса вытяжки детали

Вытяжкой называется технологический процесс образования полой детали или заготовки из плоской исходной заготовки (7). Вытяжкой можно изготавливать детали из листового материала толщиной от 0,02 до 30 мм и длиной от десятых долей мм до нескольких метров.

В данной лабораторной работе выполняется вытяжка детали типа «лодочка» с фланцем, без утонения стенок. Поэтому в процессе пластической деформации сохраняется равенство объемов металла заготовки и готовой детали. Чертеж и размеры детали приведены на рисунке 1.3. Заготовка имеет форму отрезка ленты из сплавов, марки которых, и их механические свойства, приведены в таблице 1. Для выполнения одной работы выдают две заготовки.

Вытягиваемый элемент детали состоит из трех геометрических фигур. Цилиндрическая часть, высотой $h = r$ и диаметром $d = 2r$. С каждым из оснований цилиндра сопрягается 1/4 часть сферы, радиусом r . Исходя из заданного, площадь S вытягиваемого элемента детали будет равна сумме половины площади боковой поверхности цилиндра и половине площади шара радиусом r . Заготовку берем из сплава на основе алюминия толщиной $S = 0,2$ мм.

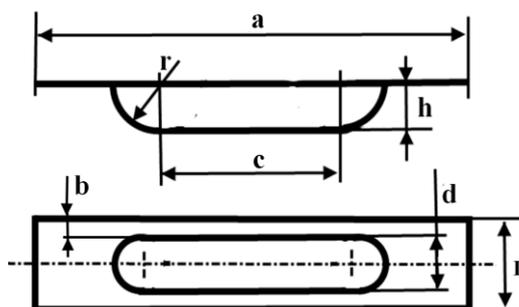


Рисунок 1.3. Чертеж изготавливаемой детали.

Исходные данные для расчета параметров процесса: $a = 120$ мм; $D = 20$ мм; $b = 4$ мм; $c = 4$ мм; $d = 8$ мм; $h = 4$ мм; $r = 4$ мм; $S = 0,2$ мм;

Таблица 1. Предел прочности сплавов

Марка сплава	Состав сплава, %						Предел прочности, $\sigma_b, \text{кгс/мм}^2$
	Mg	Sb	Pb	Si	Cu	Zn	
АСС-6-5	0,7	6	5	-	-	-	79
Д16А-М	2	-	-	-	6	-	23
Л62	-	-	-	-	62	18	38
12Х18Н10Т	-	-	-	-	-	-	54

Определяем количество переходов при вытяжке. Рассчитываем коэффициент вытяжки:

$$m = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{4h}{d}}}$$

Для нашего случая он равен 0,58. В связи с тем, что вытяжка осуществляется на глубину равную только половине цилиндрической поверхности, штамповку производим за одну операцию.

Площадь поверхности «лодочки» определяем по формуле:

$$S = \pi r c + \pi r^2;$$

Для предотвращения складок на фланце изделия применяем прижим заготовки. Ширина заготовки D в этом случае должна удовлетворять условию:

$$(D - d) > (18 \dots 20) S; \text{ где}$$

D – ширина заготовки;

d - ширина вытягиваемого элемента изделия, мм;

S – толщина листа заготовки.

Радиусы округления пуансона и матрицы в штампах для выполнения вытяжки назначаются из условия:

$$R_{\text{п}} = (4 \dots 6)S; R_{\text{м}} = (5 \dots 10)S$$

Зазор между матрицей и пуансоном Z определяется из соотношения:

$$Z = (1,1...1,3)S.$$

Усилие вытяжки P рассчитываем с учетом того, что глубина лодочки составляет половину диаметра цилиндрической части.

$$P = \pi d S \sigma_b K_\phi = \text{кгс}$$

Определяем относительный размер фланца: $D/d = 20/8 = 2,5$. Затем отношение глубины вытяжки лодочки к ее диаметру, которое составляет: $h / d = 4/8 = 0,5$ и по справочной таблице 53 (1) определяем коэффициент первой вытяжки детали с фланцем K_ϕ . Для нашей детали типа «лодочка» $K_\phi = 0,52$. Таким образом, используя данные таблицы 1, получим величину силы необходимой для вытяжки «лодочки» из заданного материала.

1.6. Методика выполнения работ

Штамповку первой заготовки производить без применения прижима. Цель этого задания заключается в том, что бы студент мог убедиться на практике в острой необходимости прижима в технологическом процессе листовой штамповки. Для этого, установить матрицу на столе гидравлического пресса таким образом, что бы пуансон точно размещался в формообразующем отверстии матрицы. Затем, заготовку поместить между направляющими винтами на поверхности матрицы, рисунок 1.1 и привести в действие насос гидравлического пресса.

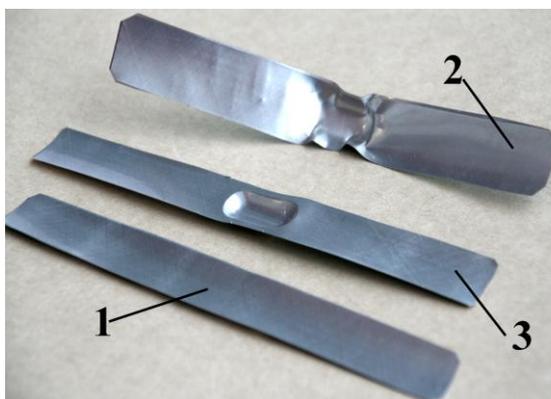


Рисунок 1.4. Варианты обработки заготовки вытяжкой.

После завершения вытяжки снять со стола пресса матрицу, извлечь из нее отштампованную заготовку. По внешнему виду она должна напоминать изделие, показанное на рисунке 1.4 – 2. Начертить эскиз полученного образца, штангенциркулем измерить все размеры и нанести их на эскиз. Эти материалы будут нужны для проведения сравнительного анализа двух режимов штамповки.

Вторую штамповку «лодочки» проводить с применением прижима. Для этого выполнять действия в следующей последовательности. На матрицу, вдоль расположения винтов, поместить заготовку. Затем, на штифты матрицы надеть прижим и через отверстия в прижиме завинтить восемь винтов в матрицу.

Подготовленный таким образом штамп поместить на стол прессы и произвести вытяжку, в соответствии с описанными ранее процедурами. Извлечь штамп из прессы. Вывинтить все винты, снять прижим и извлечь готовую деталь. По внешнему виду она должна напоминать изделие, показанное на рисунке 1.4 – 3. Начертить эскиз полученного образца, штангенциркулем измерить все размеры и нанести их на эскиз. Эти материалы будут нужны для проведения сравнительного анализа двух режимов штамповки.

1.7. Анализ поверхностных дефектов штампованных деталей

При вытяжке, качество листовых штампованных деталей определяется следующими технологическими требованиями:

1. Точность по размерам, характеризующим наружный контур штампуемой детали. Она зависит от точности изготовления рабочих деталей штампа и степени их износа, зазора между пуансоном и матрицей.

2. Точность по высоте при вытяжке деталей с гладкими стенками зависит от точности по толщине материала, точности изготовления и степени износа рабочих частей вытяжного штампа, радиуса закругления кромки матрицы, зазора между пуансоном и матрицей, наличие прижима, качества смазки, точности установки заготовки относительно рабочих частей штампа.

3. Качество поверхности деталей, получаемых вытяжкой, зависит от состояния поверхности исходного материала и величины зазора. Внутренняя поверхность детали, соприкасающаяся с пуансоном, сохраняет качество исходного материала, а на наружной поверхности детали остаются следы, отражающие влияние процесса вытяжки на качество поверхности.

Основными видами брака при вытяжке без преднамеренного утонения стенок является разностенность и косина, трещины и обрывы, неправильная высота вытягиваемой детали, складки (гофры) и царапины на боковой поверхности.

Косина и сопутствующая ей разностенность получаются, если оси пуансона и матрицы не совпадают, матрица установлена с перекосом относительно пуансона. Трещины и разрывы появляются вследствие чрезмерной твердости металла, крупнозернистой структуры, нечистой или покрытой коррозией поверхности.

Причинами появления морщин (гофров) на поверхности детали является: недостаточное давление прижима заготовки; большой зазор между пуансоном и матрицей; неравномерность толщины заготовки.

1.8. Содержание отчета о выполненной работе

Отчет о работе должен содержать:

1. Два эскиза изготовленных деталей с фактическими размерами.
2. Расчет и описание параметров технологического процесса вытяжки деталей.
2. Сравнительный анализ двух изготовленных деталей с указанием дефектов.
3. Рекомендации по устранению дефектов.
4. Выводы.

1.9. Контрольные вопросы

1. Дать определение понятиям «упругая деформация, пластическая деформация».
2. Дать определение холодной обработки металлов.
3. Охарактеризовать основные способы обработки металлов давлением.

4. Как изменяются структура и свойства металла после деформации в холодном состоянии?
5. Достоинства и недостатки холодной листовой штамповки.
6. Последовательность технологических операций холодной листовой штамповки.
7. Назвать элементы и их назначение штампа, предназначенного для изготовления детали типа «лодочка».
8. Последовательность расчета параметров процесса холодной листовой штамповки.

Библиографический список

1. Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский – М.: Книга по Требованию, 2012. – 520с.
3. ГОСТ 14674-83 Штампы для листовой штамповки.
4. ГОСТ 19904-90 Прокат листовой холоднокатаный
6. ГОСТ 18970-84 Обработка металлов давлением. Операции ковки и штамповки. Термины и определения.

Лабораторная работа №2

2. Разделительные операции листовой штамповки

2.1. Цель работы

Ознакомление с практическими приёмами технологического процесса вырубки изделий из листовой заготовки. Изучение конструкции оборудования и технологической оснастки, освоение методики расчёта операции вырубки.

2.2. Задание

1. Нарисовать схему вырубного штампа, описать его действие.
2. Рассчитать силовые условия процесса вырубки заготовки из различных конструкционных сплавов.
3. Произвести вырубку 3 – 5 деталей из полученной ленточной заготовки. Произвести контроль размеров и повторяемость качества торцевой поверхности вырубленных деталей.

2.3. Оборудование и инструменты

Для проведения лабораторной работы используется настольный гидравлический пресс Trommelberg SD100802 с ручным приводом. Для измерения развиваемого усилия пресс оснащен манометром. Максимальное усилие до 10 тонн. Ход штока 135 мм. Высота рабочего пространства пресса 0-358 мм.

Микроскоп бинокулярный МБС-8, лупа 10^x.

2.4. Теоретические сведения о процессах вырубки

Вырубка относится к разделительным операциям листовой штамповки, которая заключается в полном отделении металла по замкнутому контуру, при котором отделяемая часть заготовки является изделием. Аналогичным процессом вырубки, является пробивка. При этой операции также происходит отделение в штампе одной части заготовки от другой по замкнутому контуру, но, при этом отделяемая часть удаляется в отход. При пробивке формируют внутренний контур детали. Характер деформации при вырубки и пробивке практически одинаков, эти операции отличаются только назначением.

Процесс вырубки условно можно разделить на три стадии (рис.2.1б). На первой стадии листовая заготовка слегка прогибается, происходит упругое вдавливание рабочих частей пуансона в металл. При дальнейшем увеличении усилия, у этих кромок возникает пластическая деформация, которая по мере продвижения пуансона развивается по всей толщине листовой заготовки. Во второй стадии процесса вблизи острых кромок инструмента происходит дальнейшее увеличение пластической деформации. Часть металла, находящаяся под пуансоном сдвигается относительно неподвижной части заготовки, лежащей на матрице.

Вторая стадия заканчивается, когда ресурс пластичности листового металла оказывается исчерпанным и начинается лавинообразный процесс образования линейных дислокаций. Это приводит к тому, что на третьей стадии образуются скалывающиеся трещины, которые, быстро развиваясь в металле в зоне контакта заготовка – стенка матрицы, вызывают отделение вырубляемой детали. При дальнейшем движении пуансон

проталкивает деталь через рабочую зону матрицы, преодолевая сопротивление трения между деталью и инструментом.

Основными размерами штампа вырубki, рис. 2.1а, являются диаметр матрицы D_M и диаметр пуансона D_P . Диаметр матрицы D_M равен номинальному размеру контура D_K штампуемой детали. Диаметр пуансона D_P меньше диаметра матрицы D_M на величину зазора, который составляет 5...10 % от толщины штампуемого листа S .

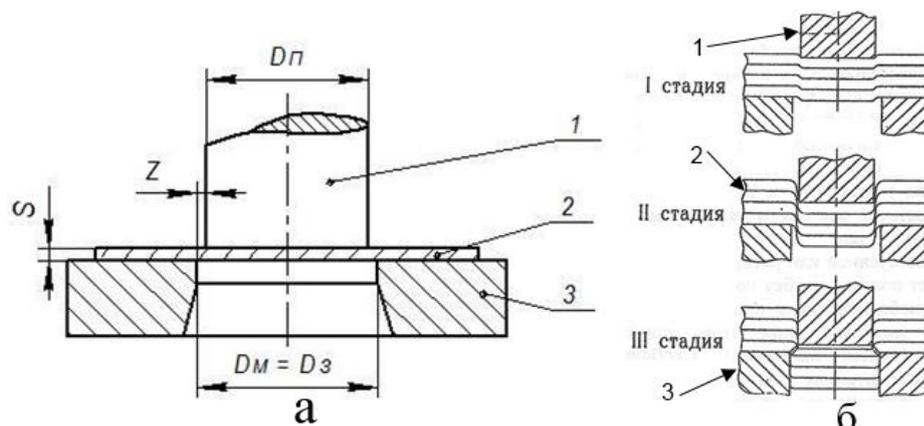


Рисунок 2.1 Схема вырубного штампа и стадии вырубki детали

Следовательно: $D_M = D_K$, тогда диаметр пуансона будет равен: $D_P = D_M - (0,05 \dots 0,1)S$. Усилие вырубki рассчитывается по формуле

$$P = k L \cdot S \cdot \sigma_{ср} \cdot K, \text{ Н,}$$

где L – периметр контура элементов вырубki, мм;

S – толщина штампуемого металла, мм;

$\sigma_{ср}$ – сопротивление срезу, Н/мм^2 .

Для практических расчетов принимают $\sigma_{ср} = (0,7 \dots 0,86) \cdot \sigma_B$,

где σ_B – предел прочности на растяжение, Н/мм^2 (Таблица 2.1);

$k = 1,25 \dots 1,3$ – коэффициент, учитывающий притупление режущих кромок, изменение зазора, неравномерность толщины и неоднородность штампуемого материала.

Уменьшение зазора, по сравнению с оптимальным размером, приводит к тому, что трещины скалывания не соединяются и боковая поверхность получается рваной. При увеличении зазора относительно оптимального трещины встречаются, однако при этом возрастает наклон поверхности скалывания к вертикальной оси, увеличивается искажение отделяемой заготовки, возрастают растягивающие напряжения, что приводит к появлению на торцевой поверхности заусенца. Величина оптимального зазора между пуансоном и матрицей вырубного штампа, в зависимости от марки сплава листовой заготовки, приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Выбор зазора между пуансоном и матрицей вырубного штампа

Наименование материала	Предел прочности σ_B /сопротивление срезу, $\tau_{ср}$, МПа	Относительное удлинение при разрыве, δ_5 в %	Оптимальный зазор Z в % от толщины материала S
Конструкционная сталь 08кп	330 - 280	30–26	3–6

Алюминиевый сплав АМг1М	210 - 120	24-16	2-4
Сталь нержавеющая 12Х18Н9	600 - 420	35	1-1,5
Латунь Л63	210 - 260	18	0,8 - 1,0

Величина зазора оказывает влияние на усилие деформирования. С уменьшением зазора уменьшается величина изгибающего момента, уменьшается изгиб и искажение заготовки в процессе деформирования. Кроме того, с уменьшением зазора и увеличением контактных напряжений у режущих кромок увеличивается интенсивность их притупления при штамповке, возрастает износ боковых поверхностей пуансона и матрицы, что уменьшает стойкость инструмента. Необходимо также учитывать упрочнение деформируемого металла в процессе вырубки, которое может достигать 30-40 %.

2.5 Методика выполнения работ

Корпус вырубного штампа, рисунок 2.2, выполнен в виде цилиндра разделенного пазом на три функциональные зоны. Нижняя является матрицей 1. Средняя зона служит направляющим каналом 2, внутри которого, под действием прессы, осуществляет поступательное движение пуансон 3. В верхней части корпуса, вокруг пуансона, размещен пористый материал 4, пропитанный машинным маслом, которым осуществляется смазка подвижных частей штампа.

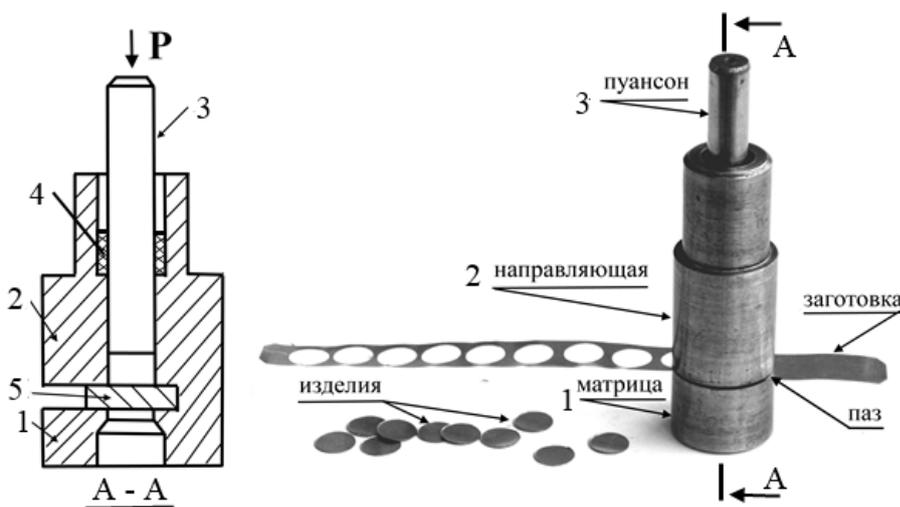


Рисунок 2.2. Конструкция и общий вид вырубного штампа

Выполнение операции штамповки осуществляют в следующей последовательности. Извлекают из штампа пуансон. Заготовку штампуемого металла 5 загружают в паз разделяющий матрицу и направляющий канал. Толщина заготовки соответствует высоте паза, поэтому отпадает необходимость в прижимном устройстве. Такую конструкцию штампа целесообразно использовать при изготовлении деталей постоянной толщины из различных марок металлов и сплавов.

Затем устанавливают в направляющий канал пуансон и подготовленный таким образом штамп, размещают на рабочем столе гидравлического прессы. Приведя затвор клапана прессы в закрытое состояние, приводят в действие пресс и осуществляют

вырубку. После этого открыв затвор клапана, сбрасывают давление в гидросистеме прессы и снимают штамп. Удаляют из направляющего канала пуансон и продергивают ленточную заготовку для выполнения следующей штамповки.

Используя микроскоп или лупу оценить качество торцевой и прилегающей к ней поверхности отштампованного изделия. В зависимости от марки металла возможны образование складок, трещин, замятий и других дефектов.

2.6 Содержание отчета

1. Составить краткий конспект по теоретической части данной работы.
2. Согласно индивидуальному заданию выбрать из Таблицы 2.1 механические свойства сплава и рассчитать усилие вырубки детали.
3. Предъявить преподавателю 3 – 5 вырубленных деталей.
4. Привести описание торцевых поверхностей вырубленных деталей.

2.7 Контрольные вопросы

1. Особенности различных разделительных операций листовой штамповки.
2. Что происходит с металлом в процессе холодной пластической деформации?
3. Как можно снять наклёп после холодной пластической деформации?
4. При какой температуре проводят горячую пластическую деформацию?
5. Способ повышения пластичности металла перед его обработкой давлением.
6. За счёт чего происходит упрочнение металла в процессе пластической деформации?
7. Что такое прочность материала?

Библиографический список

1. Технология конструкционных материалов: Учебное пособие для студентов вузов / под редакцией Комарова О.С. – Минск : Новое знание, 2007. - 567с.
2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник /А. Б. Арзамасов , А.А. Черепихина . – М.: Академия, 2009. -448с.

Лабораторная работа № 3

3. Технология штамповки изделий из металлических порошков

3.1. Цель работы

Цель работы - изучение конструкции штампов и технологических процессов штамповки изделий из металлических порошков. Освоение студентами практических навыков работы с технологической оснасткой и оборудованием.

3.2. Задание

Изучить конструкцию штампа предназначенного для изготовления деталей методом штамповки из металлических порошков. Разобрать штамп типа 6Э3975, описать последовательность его разборки, собрать штамп и произвести его регулировку.

3.3. Оборудование

Для проведения лабораторной работы используется настольный гидравлический пресс Trommelberg SD100802 с ручным приводом. Для измерения развиваемого усилия пресс оснащен манометром. Максимальное усилие до 10 тонн. Ход штока 135 мм. Высота рабочего пространства пресса 0-358 мм.

Штампы марки 6Э3975, 6Э4165, 6Э5832, используемые для серийного производства детали типа цилиндр каждый с тремя сквозными отверстиями диаметром 1,0; 1,5 и 2,0 мм.

Лабораторные весы ВЛР – 200, которые позволяют определить массу навески с точностью до 0,01 г. К весам прилагается комплект гирь, называемый разновесом марки Г-4-1111–10, который содержит гири от 10 мг до 500 г.

3.4. Теоретические особенности штамповки деталей из металлических порошков

Штамповка деталей из металлических порошков позволяет изготавливать детали из металлов, сплавов и не металлических материалов без расплавления компонентов.

Технология штамповки включает следующие операции:

- приготовление из металлических порошков шихты с заданными химическим составом и технологическими характеристиками;
- формование порошков или их смесей в заготовки или изделия с заданными формой и размерами методом прессования;
- спекание, то есть термическую обработку заготовок при температуре ниже точки плавления всего металла или основной его части.

После спекания изделия имеют пористость, от единиц процентов до 30-40%.

С целью уменьшения пористости, повышения механических свойств и доводки до точных размеров применяется дополнительная обработка давлением спечённых изделий. Применяют также дополнительную термическую, термохимическую или термомеханическую обработку. В ряде случаев прессование и спекание объединяют в одну операцию, так называемое горячее прессование.

Формование изделий из металлических порошков осуществляют методом прессования в штампах. В зависимости от метода получения металлических порошков их маркируют по следующим принципам (ГОСТ 9849 -86). Например порошок марки ПЖР1.160.27. Первая буква П всегда означает – порошок, вторая буква – наименование металла – железо, следующая буква указывает на технологию получения порошка:

распыленный воздухом – ПЖР; порошок распыленный водой – ПЖРВ; порошок восстановленный химическим методом – ПЖВ. Первая цифра после букв: 0; 1; 2; 3; 4; 5 – указывает марку по химическому составу – ПЖР1, а следующее за этой цифрой число указывает предельный гранулометрический размер частиц порошка в мкм – ПЖР1.160., третье число обозначает насыпную плотность, например 2,7 г/см³ - полное обозначение порошка: ПЖР1.160.27.

Порошки легированных сталей, в соответствии с ГОСТ 13084 -86, маркируются по следующему принципу: ПХ18Н15-1, что означает порошок стали марки Х18Н15 относящийся к первой группе по содержанию примесей. Порошок, полученный из бронзы: ПБрОЦС3-7-5 содержит: олова 3%; цинка 7 %; свинца 5 %.

Спекание проводят в вакууме или защитной среде при температуре около 70-85% от точки плавления, а для многокомпонентных сплавов - несколько выше температуры плавления наиболее легкоплавкого компонента. Защитная среда должна обеспечивать восстановление окислов, не допускать образования нежелательных загрязнений продукции (копоти, карбидов, нитридов и т.д.), предотвращать выгорание отдельных компонентов (например, углерода в твёрдых сплавах), обеспечивать безопасность процесса спекания. Конструкция печей для спекания должна предусматривать проведение не только нагрева, но и охлаждения продукции в защитной среде. Цель спекания - получение готовых изделий с заданными плотностью, размерами и свойствами или заготовок с характеристиками, необходимыми для последующей обработки.

Штамповка деталей из металлических порошков имеет следующие достоинства:

- возможность получения таких материалов, которые трудно или невозможно получать другими методами. К ним относятся композиции на основе тугоплавких соединений - карбидов вольфрама, молибдена, титана и других металлов;
- изготовление композиций из металлов и неметаллов, например, медь – графит;
- формирование пористых материалов на основе металлов и сплавов для подшипников, фильтров, уплотнений, теплообменников;
- позволяет экономить металл и значительно снижать себестоимость продукции, по сравнению с методами изготовления деталей литьём и обработкой резанием, когда до 30-40% металла теряется в литниках, или идёт в стружку;
- использование чистых исходных порошков позволяет получить спечённые материалы с меньшим содержанием примесей;
- размеры и форму структурных элементов спечённых материалов можно регулировать, и, получать такие типы взаимного расположения и форм зёрен, которые недостижимы для плавленного металла. Благодаря этим структурным особенностям спечённые металлы более термостойки, обладают высокой устойчивостью к ударным нагрузкам, лучше переносят воздействие циклических колебаний температуры и напряжений, а так же ядерного облучения, что очень важно для атомной энергетики.

К недостаткам следует отнести необходимость спекания в защитной атмосфере, что увеличивает себестоимость изделий, трудность изготовления изделий и заготовок больших размеров.

3.4.1. Физические закономерности штамповки металлических порошков

Штамповка изделий из металлических порошков представляет собой формование изделия – брикета из металлического порошка в штампе под воздействием давления. Частицы засыпанного в матрицу порошка воспринимают контактную нагрузку. Энергия прессования расходуется на преодоление трения между частицами, внешнего трения о стенки пресс-формы и на деформирование частиц. Деформация порошковой массы может происходить за счет нормальной деформации контактов частиц и их относительного

сдвига. При увеличении давления прессования происходит рост площадок взаимных контактов.

Внешнее трение прессуемого порошка о стенки пресс – формы определяет усилие, необходимое для выталкивания брикета после его прессования, называется давлением выталкивания. Давление выталкивания всегда меньше потерь давления на трение порошка о стенки штампа, что связано с изменением объема спрессованного брикета после снятия давления. Разрыв контактов между частицами на большом протяжении может вызвать разрушение целостности прессовок, называемое расслоем.

Спекание порошков является одним из способов получения поликристаллических тел самой различной химической природы: металлов и их соединений, оксидов, ковалентных кристаллов. Спекание есть нагрев и выдержка порошковой формовки при температуре ниже точки плавления основного компонента с целью обеспечения заданных механических и физических и химических свойств.

Спекание пористого тела сопровождается ползучестью вещества. При прочих равных условиях кинетика уплотнения зависит от механизма ползучести, т. е. способности материала медленно и непрерывно деформироваться под действием постоянной нагрузки. При температуре достаточно высокой для того чтобы термически активируемые диффузионные перемещения атомов осуществлялось с надлежащей скоростью, различают не пороговые явления, которые могут определять деформирование при малых напряжениях, и пороговые, проявляющиеся при напряжениях, превосходящих некоторое предельное значение. Общим признаком всех механизмов не пороговой ползучести является, направленный поток вакансий под влиянием разности их химического потенциала. Величина порогового напряжения определяется конкретными механизмами торможения, размножения и движения дислокаций.

Изменение плотности изделия при прессовании и спекании обусловлено процессами, различными по природе: взаимным скольжением элементов структуры относительно друг друга, пластической деформацией, вязким течением, диффузионными явлениями. Большинство из этих процессов имеет термически активированный характер. Преимущественным механизмом диффузии в твердых телах считается вакансионный, и энергия активации представляется состоящей из слагаемых, зависящих от параметров образования и движения вакансий. В процессах спекания и горячего прессования важную роль играет течение вещества – ползучесть. При нагреве вязкого тела, в том числе и порошкового, протекают процессы рекристаллизации, связанные с переходом микроструктуры в более стабильное состояние.

При обработке металлов давлением различают два вида штамповки – горячую и холодную штамповку. Ключевым моментом технологических операций, при горячей штамповке металлов, является температура их рекристаллизации. Дело в том, что при пластической деформации металла происходит измельчение его кристаллической структуры. В результате нарушается термодинамическое равновесие системы, и, как следствие, металл упрочняется. Это приводит к локальным разрушениям прессуемых заготовок или образованию трещин.

Чтобы исключить возникновение этих дефектов, перед штамповкой детали нагревают до температуры, при которой форсируются диффузионные процессы. В результате в металле уменьшается плотность дислокаций, увеличивается размеры кристаллов, и, как следствие, повышается его пластичность. Это, так называемые процессы рекристаллизации металлов.

Температура рекристаллизации каждого металла и сплава, величина сугубо индивидуальна, определяется в соответствии с правилом А.А. Бочвара, и составляет 0,4 - 0,6 от температуры плавления. Для низкоуглеродистых сталей, содержащих до 0,20 % углерода, температура рекристаллизации составляет 500 — 600 °С. У

высокоуглеродистых легированных сталей рекристаллизация протекает при нагреве до 730 °С. Указанные температуры нагрева металла выше температуры их рекристаллизации, поэтому штамповка заготовок будет относиться к горячему виду обработки.

Рекристаллизация вольфрама начинается при 1100°С. Поэтому его штамповка при температуре 1000°С будет относиться к холодной обработке давлением. В тоже время у легкоплавких металлов, как например, свинец, температура плавления 327°С, рекристаллизация протекает при минус 30°С, а у олова, температура плавления 232°С, рекристаллизации начинается от минус 70°С. Поэтому обработка этих металлов давлением, при комнатной температуре, относится к горячим видам штамповки.

При этом, все законы термодинамики и физические процессы формирования кристаллической структуры и соответственно механических свойств заготовки, одни и те же, как для легкоплавких металлов, так и для тугоплавких.

Поэтому в лабораторных работах используем легкоплавкие металлы и сплавы с температурой рекристаллизации не выше 20°С. К ним относятся свинец, висмут, олово, индий. Свинец и его сплавы с другими металлами опасны для здоровья человека. Висмут и индий широко используются в фармацевтике при изготовлении многих лекарств и косметики - губной помады. Олово используется в пищевой промышленности. Им покрывают поверхность консервных банок для сгущенного молока и других продуктов.

Экологически чистыми металлами являются индий, олово, висмут. Эвтектические сплавы систем индий – олово и индий - висмут, в зависимости от состава, имеют температуру плавления 72°С, 89°С, 109°С и 119°С. Температура их рекристаллизации ниже нуля градусов Цельсия. Поэтому обработка этих сплавов давлением при комнатной температуре относится к горячим видам штамповки.

3.5 Методика выполнения работ

Порошки металлов, как и массивные образцы металлов, в зависимости от условий нагрузки и деформации могут проявлять упругие, пластические и вязкие свойства. В соответствии с законом Гука, можно заключить, что кинетика процесса уплотнения полностью определяется условиями пластической деформации сжимаемого пористого тела, механические свойства которого зависят от технологических свойств исходного порошкового материала, его плотности в заданных условиях режимом работы штампа.

Использование конструкции штампов с плавающей матрицей способствует снижению пористости изготавливаемых деталей, повышению износостойкости инструмента, и кроме этого, возможности применять универсальное прессовое оборудование. Особенность таких штампов заключается в том, что матрице предоставляется возможность ее осевого перемещения - ΔS , рисунок 3.2.

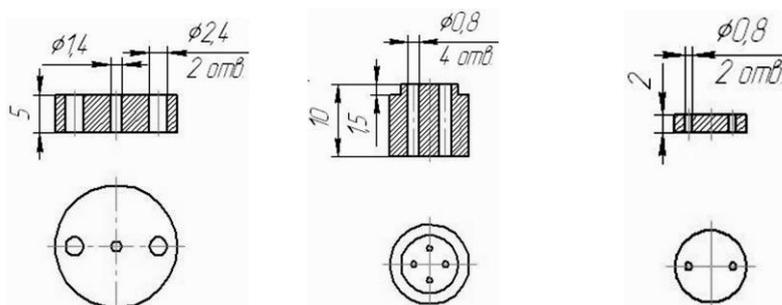


Рисунок 3.1 Конструкция штампуемых заготовок

Конструкции штампуемых заготовок приведены на рисунке 3.1.. Они имеют цилиндрическую форму с тремя сквозными отверстиями, симметрично расположенными на линии диаметра. Эти отверстия, в процессе штамповки, формируются тремя стержнями штампа, рисунок 3.2а, установленными на диске 1 с резьбовым хвостовиком, которым диск ввинчивается в стойку перемишки 2. Перемишка помещается в паз основания штампа 3, выталкиватель 4, своими тремя отверстиями, надевается на штыри и фиксируется двумя длинными винтами 5, проходящими через соответствующие отверстия в основании штампа. На выталкиватель надевается корпус матрицы 6. В пазу, в нижней части корпуса, короткими винтами 7, крепится перемишка. В итоге, формируется рабочая полость штампа и образована она внутренней цилиндрической поверхностью матрицы, дном служит поверхность выталкивателя через три отверстия которого проходят штыри.

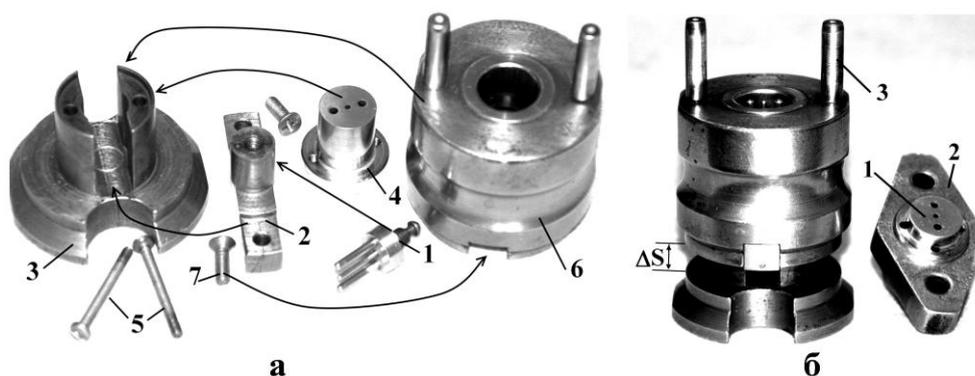


Рисунок 3.2. Конструкция штампа с плавающей матрицей.

Таким образом, матрицу можно перемещать в вертикальной плоскости на расстояние равное ΔS , рисунок 3.2б, что соответствует высоте изготавливаемой детали. Пуансон 1 смонтирован в обойме 2, которая может перемещаться по направляющим колонкам 3, обеспечивая необходимую точность совмещения элементов пуансона и матрицы.

Для работы с аналогичными штампами используют штамповочные прессы двойного действия, которые оснащены двумя ползунами. Один ползун действует на пуансон, осуществляя прессование порошка, а другой фиксирует и перемещает обойму матрицы.

Обойма пуансона, цилиндрическим хвостовиком, крепиться к верхней плите штамповочного прессы. В момент движения пуансона вниз корпус матрицы неподвижно фиксируется бандажом, устанавливаемым в сферическом кольцевом пазу рисунок 3.3.а - 1 на корпусе матрицы. К моменту завершения прессовки порошка, второй ползун штамповочного прессы перемещает бандаж вниз, смещая матрицу на расстояние ΔS , рисунок 3.3а - б. В результате этих перемещений деталей штампа спрессованная деталь 1, рисунок 3.3б, оказывается за пределами рабочего объема матрицы, находясь на выталкивателе. Пуансон снимают с направляющих колонок, после чего производят съем детали, рисунок в.

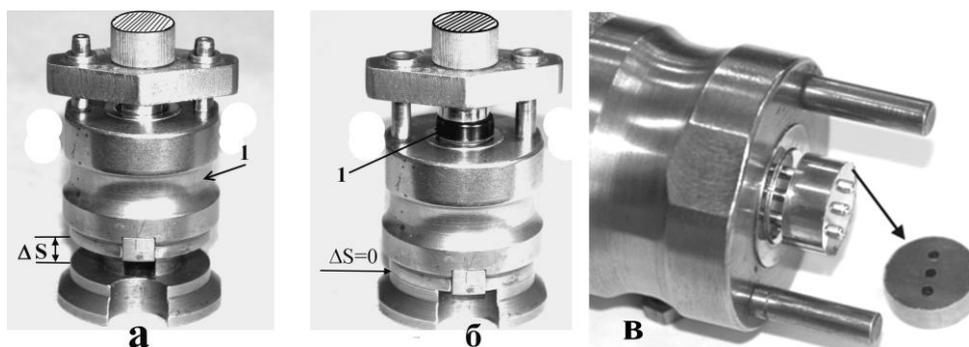


Рисунок 3.3. Принцип действия выталкивателя детали.

Отштампованную заготовку следует измерить и полученные результаты сравнить с размерами указанными на рисунке 3.1. Оценить наличие, величину и количество дефектов. Для выполнения лабораторных работ используются штампы марки 6Э3975, 6Э4165, 6Э5832 применяемые в машиностроительном производстве.

В ходе выполнения работы студент должен изучить конструкцию штампа. Описать последовательность его сборки, произвести регулировку. После заполнения полости штампа металлическим порошком, без какого либо нагрева, произвести прессование на гидравлическом прессе. После одно – двух минутной выдержки под давлением, при комнатной температуре, полученное изделие извлечь из штампа.

3.6. Содержание отчета о выполненной работе

1. Задание на проведение лабораторной работы.
2. Заполненные страницы журнала с результатами всех выполненных измерений.
3. Перечень и назначение оборудования, инструментов и материалов использованных в процессе выполнения лабораторной работы.
4. Описание последовательности технологических переходов в процессе выполнения лабораторной работы.

3.7. Контрольные вопросы

1. Перечислить основные достоинства и недостатки технологии штамповки деталей из металлических порошков.
2. Принцип работы системы выталкивания детали из матрицы после окончания ее штамповки.
3. Каким способом осуществляется регулировка и совмещение штырей матрицы с соответствующими отверстиями в выталкивателе.
4. С какой целью спекание порошковых заготовок производят в восстановительной или инертной среде
5. Перечислить технологические свойства металлических порошков и их влияние на качество штампованных изделий.
6. По какому принципу маркируются порошки металлических сплавов?

Библиографический список

1. Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский – М.: Книга по Требованию, 2012. – 520с.

2. Технология конструкционных материалов: Уч. для ВУЗов/А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Л.Н. Бухаркин и др./Под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2002. – 511с.
3. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов, М.: Высш. шк.,2001, 640с.

Лабораторная работа №4

4. Технология получения профилей методом давления

4.1. Цель работы

Ознакомление с практическими приёмами работы с системами калибров для получения круглого, квадратного, шестигранного и двутаврового профиля на прокатном стане. Освоение расчета основных параметров калибровки валков.

4.2. Задание

Ознакомится с конструкцией учебного станда «Автоматизированный одноклетьевой реверсивный прокатный стан» и принципом его работы. Изучить основные его эксплуатационные параметры и инструкцию по выполнения на нем лабораторных работ.

Определить величины характеризующие степень деформации материала при прокатке, рассчитав относительное обжатие и коэффициент вытяжки заготовки.

4.3. Оборудование

Лабораторная работа выполняется на учебном стенде «Автоматизированный одноклетьевой реверсивный прокатный стан». Прокатный стан это технологическое оборудование, в котором происходит пластическая деформация металла между вращающимися валками. Основой прокатного стана является рабочая клеть. Она состоит из двух станин закрытого типа, укрепленных на основании с помощью винтов.

Валки установлены на подшипниках скольжения изготовленных из полимерного материала. Регулирование положения верхнего валка производится с помощью нажимного механизма и пружинного уравнивающего устройства. Валки выполняют основную операцию прокатки — пластическую деформацию металла. За счёт сил трения валки захватывают металл и в дальнейшем деформируют его для придания нужного профиля и размеров.

Клеть стана реверсивная – с переменным направлением вращения валков и с одним приводным валком. Валки периодически изменяют направление вращения, и прокатываемый металл проходит через валки вперед и назад несколько раз. Основные характеристики станда «Автоматизированный одноклетьевой реверсивный прокатный стан»:

Диаметр рабочих валков $D = 42$ мм

Длина бочки валка $L =$ мм

Главный привод - двигатель постоянного тока 12В с интегрированным двухступенчатым редуктором.

Привод нажимного устройства – асинхронный двигатель с интегрированным редуктором

Угловая скорость рабочего валка, 2 об/мин

4.4. Теоретические сведения о технологии прокатки профилей

Исходным продуктом для прокатки служат квадратный, прямоугольный или многогранный черновой прокат, или соответствующие слитки или поковки. Цикл работы реверсивной клетки стана для первого пропуска включает в себя разгон валков вхолостую

до скорости захвата слитка, разгон со слитком в валках до установившейся скорости, прокатку на этой скорости. После чего следует выброс слитка и останов валков. Во время паузы с помощью нажимного устройства клетки перемещают верхний прокатный валок для изменения раствора между валками в соответствии с требуемым обжатием. Затем следует повторный разгон со слитком в валках до установившейся скорости, прокатку на этой скорости и выброс. Циклы повторяются до получения проката с заданными параметрами.

Основной задачей технологического процесса производства проката является получение прокатанной продукции заданных форм, размеров и качества с минимальными затратами и наибольшей производительностью. Технологическими операциями при прокатке металлов являются: подготовка исходных слитков или заготовок к прокатке

Сущность технологического процесса заключается в том, что исходный слиток пропускают в зазор между двумя вращающимися валками, величина которого меньше толщины исходной заготовки. Слиток подается в валки прокатного стана и захватывается ими. Дальнейшее продвижение заготовки в валках осуществляется за счет сил трения, возникающих на поверхности контакта валков с прокатываемой заготовкой. При прокатке металл обжимается, в результате чего толщина заготовки уменьшается до величины зазора между валками, а длина и ширина заготовки увеличиваются.

Основным инструментом прокатного стана являются валки. Они могут быть гладкими - для прокатки листов и лент, ступенчатыми - для прокатки полосовой стали и ручьевыми - для прокатки сортового проката. Ручьем называется вырез на боковой поверхности валка. Совокупность двух ручьев образует калибр. Конструктивно валки состоят из бочки – рабочей части, шейки - цапфы для установки в подшипниках и узла для соединения валка с приводом.

Продукцию, получаемую прокаткой, называют прокатом. Форму поперечного сечения проката называют профилем. Совокупность форм и размеров профилей, получаемых прокаткой, называют сортаментом. Сортамент разделяется на четыре группы: сортовой, листовой прокат, трубы, специальные виды проката.

Сортовой прокат производят двух видов. Профили простой геометрической формы: квадрат, круг, шестигранник, прямоугольник. Профили фасонные: швеллер, рельс, угловой, двутавровый профили и другие.

Листовой прокат подразделяется на толстолистовой 4 - 60 мм, тонколистовой - толщиной 1 - 4 мм, листы толщиной менее одного миллиметра называют желью, прокат толщиной менее 0,2 мм называют фольгой.

Сложные профили получают, пропуская металл последовательно через серию калибров. Например, для рельсов - 9 калибров; для балок - 9...13 калибров; для проволоки - 15...19 калибров.

Пропуск заготовки через систему последовательных калибров называют - калибровкой. В зависимости от стадии прокатки различают обжимные, черновые и чистовые (отделочные) калибры. В результате проведения технологических операция происходит изменение структуры и свойств металла, геометрической формы и размеров.

Различают холодную и горячую прокатки. Так при температуре 1150-1200°C сопротивление деформации стали в 10 раз меньше, чем в холодном состоянии. Холодная прокатка ведется при прокатке тонких листов, толщиной менее 1 мм. Тонкий лист не может быть получен при горячей прокатке из-за образования на поверхности металла оксидов металлов - окалины, толщина которой соизмерима с толщиной листа. В процессе холодной прокатки у металлов увеличивается сопротивление деформации. Одновременно он становится хрупким. Поэтому для получения фольги используют чистые металлы, которые обладают большей пластичностью, чем сплавы металлов.

Прокатка металла является одним из технологических процессов обработки давлением основанных на пластичности металлов и сплавов. Закон постоянства объема

указывает, что объём металла при пластической деформации не изменяется. Деформация не должна вызывать нарушения континуума тела; при соблюдении этого условия объём тела до деформации равен объёму тела после деформации. Закон постоянства объёма подтверждается экспериментально для всех случаев, когда в исходном состоянии тело не имеет пор, пустот и трещин, и они не образуются в процессе деформации.

Обозначения составных частей прокатных валков приведены на рисунке 4.1. Рабочая часть валка, непосредственно воздействующая на обрабатываемый материал, называется бочкой, её диаметр – D , длина – L . Длина бочки определяет максимально возможную ширину прокатываемой полосы. Опорная часть валка называется шейкой. Концевая часть прокатного валка, соединяемая со шпинделем привода, называется трэф. На рисунке 4.1а показан валок с гладкой бочкой, на рисунке 4.1б калиброванный валок с ручьями. Рассмотрим основные операции прокатки. Распределение векторов нагрузки на обрабатываемый материал приведено на рисунке 4.1в.

При обработке металлов давлением принимают, что объём тела в процессе пластической деформации остаётся постоянным. Это даёт возможность связать размеры тела до деформации с его размерами после деформации. Деформация тела при обработке металлов давлением характеризуется абсолютными и относительными показателями деформации. Абсолютная деформация определяется по разности конечного и исходного размеров:

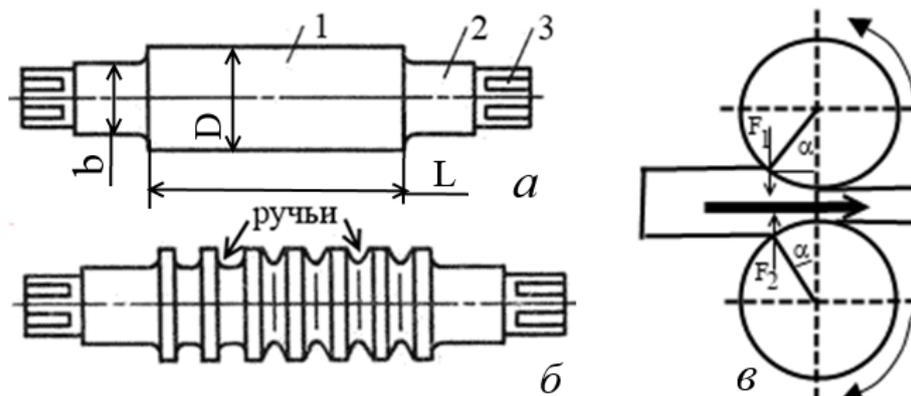


Рисунок 4.1 Конструкция валков а, б и схема деформации заготовки при прокатке в.

Пропуск – однократный проход металла через вращающиеся валки. Обычно прокатка осуществляется в несколько пропусков металла.

Коэффициент вытяжки – отношение длины металла после прокатки к длине до прокатки:

$$\lambda = \frac{L_2}{L_1}$$

Частичный коэффициент вытяжки равен: $\lambda_n = \frac{L_{n+1}}{L_1}$

Полный коэффициент вытяжки. $\lambda_n = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \dots \lambda_n$

Дуга захвата – дуга окружности рабочего валка, по которой он соприкасается с прокатываемым металлом.

Угол захвата – центральный угол, опирающийся на дугу захвата.

Зона деформации – пространство между двумя валками.

Уравнение постоянства объёма - основное уравнение при пластической деформации:

$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{h_0 b_0 l_0}{h_1 b_1 l_1} = \frac{F_0 l_0}{F_1 l_1}$$

где h_0, b_0, l_0 и h_1, b_1, l_1 – толщина, ширина и длина металла до прокатки и после;
 F_0 и F_1 – площадь сечения до прокатки и после.

Абсолютное обжатие: $\Delta h = h_0 - h_1$.

Относительное обжатие: $\frac{\Delta h}{h_0} = \frac{h_0 - h_1}{h_0}$

Уравнения связи величины обжатия, диаметра валков и угла захвата:

$$\Delta h = D \times (1 - \cos \alpha).$$

Абсолютная деформация: $\Delta l = l_1 - l_0$.

Относительная деформация: $\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$

С увеличением диаметра валков угол захвата уменьшается, и захват металла облегчается. Угол захвата зависит так же от пластичности прокатываемого металла. Чем выше пластичность, тем лучше захват. Значение максимального угла захвата при холодной прокатке стали может составлять 3-8°, а при горячей 15-34°.

4.5 Методические указания к практическим занятиям.

1. Под руководством преподавателя ознакомиться с конструкцией и принципами работы стэнда «Автоматизированный одноклетьево́й реверсивный прокатный стан».
2. Ознакомиться с методиками расчетов основных параметров калибровки для прокатки круглого, квадратного, шестигранного и двутаврового профиля.
3. Получить у преподавателя заготовки материалов для экспериментальной прокатки профилей.
4. Руководствуясь инструкцией по эксплуатации стэнда «Автоматизированный одноклетьево́й реверсивный прокатный стан» прокатать образцы материалов.
5. Выполнить измерения геометрических размеров полученных прокатанных профилей, произвести расчет параметров деформации.
6. Полученные результаты свести в таблицу.

Таблица 1. Размеры образцов и характеристики деформации

№	Исходные	Конечные	Абсолютная	Относительная деформация
---	----------	----------	------------	--------------------------

образца	размеры, мм			размеры, мм			деформация								
	h_0	b_0	l_0	h_1	b_1	l_1	Δh	Δb	Δl	$\Delta h h_0$	$\Delta b b_0$	$\Delta l l_0$	$\Delta h h_1$	$\Delta b b_1$	$\Delta l l_1$
1															
2															
3															

Результаты измерений деформируемых заготовок и последующие расчеты величин, характеризующих изменение геометрических размеров проката, должны подтвердить соблюдение закона постоянства объема деформируемого материала.

4.6. Отчет о выполненной работе

Отчет о работе должен содержать:

1. Эскизы полученных на прокатном стане профилей с указанием фактических размеров.
2. Расчет и описание параметров технологического процесса вытяжки деталей.
3. Результаты визуального анализа изготовленных деталей с указанием дефектов.
4. Рекомендации по устранению дефектов.
5. Выводы.

4.7. Контрольные вопросы

1. Под действием, каких сил прокатываемая заготовка перемещается между валками?
2. Что такое бочка прокатного валка?
3. Что такое ручей прокатного валка?
4. Что такое калибровка и как образуется калибр?
5. Что такое максимальное обжатие и его влияние при прокатке?
6. Что такое угол захвата валков и его влияние при прокатке?
7. Из каких узлов и деталей состоит рабочая клеть?
8. Назовите основные характеристики лабораторного прокатного стана.
9. Почему прокатный стан называют реверсивным?
10. Описать технологию изготовления сортовых профилей; последовательность операций.

Библиографический список

1. Беньковский М.А., Богоявленский К.Н. и др. Технология прокатного производства. Том 1 Справочник. - М.: Металлургия, 1991. - 440 с.
2. Рудской А.И., Лунев В.А. Теория и технология прокатного производства. Учебное пособие. – СПб.: Наука, 2005. -540с.