

Составитель Е.П. Смеляков

УДК: 629.7.002 (075.8)

Технология листовой штамповки в производстве летательных аппаратов: Метод. указания/Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Сост. Е.П. Смеляков. Самара, 2000. с.

Содержит рекомендации студентам по разработке и оформлению технологических процессов изготовления деталей из листовых материалов способами холодной штамповки (гибкой и вытяжкой) на практических занятиях при изучении курса «Технология производства летательных аппаратов», а также преподавателям, которые проводят занятия по данному разделу дисциплины для соблюдения единых методических основ при организации занятий, проведения консультаций, выдерживания требований при контроле принятых решений студентами и оформления в соответствии со стандартами итоговых технологических документов.

Предназначено для студентов и преподавателей специальностей 130100, 130600, 130700, 072000. Подготовлены на кафедре ПЛА.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного университета им. академика С.П. Королева

Рецензент Н.В. Власов

## СОДЕРЖАНИЕ

### Предисловие

1. Общие сведения о принципах проектирования технологических процессов холодной штамповки

2. Содержание и принципы выполнения заданий

Задание 1

Задание 2

Библиографический список

ПРИЛОЖЕНИЕ: Технологические процессы изготовления деталей гибкой и вытяжкой, оформлена специализированных (в соответствии с ГОСТом) и упрощенных картах

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из основных проблем, возникающих у студентов в процессе изучения курса «Технология производства летательных аппаратов», является умение на основе полученных знаний разработать и оформить технологический процесс на изготовление конкретной детали или сборочной единицы. Решение таких задач требует от студента творческого подхода не только к использованию имеющихся знаний, но и применения значительного количества справочно-информационной литературы. Учебной рабочей программой одного из раздела курса («Технология заготовительно-штамповочных работ») для развития навыков решения таких вопросов предусмотрено проведение нескольких практических занятий со студентами. В процессе занятий каждый студент должен с использованием учебного пособия и справочной литературы самостоятельно разработать два технологических процесса, основанных на применении наиболее распространенных операций штамповки. Полученные на таких занятиях знания позволят студентам успешно решать подобные задачи при сдаче экзаменов по ТЗШР, а также при выполнении курсового и дипломного проектов.

Данное учебное пособие будет полезно и преподавателям, под руководством которых будут проводиться такие занятия, поскольку в них даны типовые конструкции деталей, которые могут быть приняты за основу при разработке новых заданий. Кроме того, здесь приводятся элементы методики проведения практических

занятий, позволяющие выработать единые требования к порядку выполнения заданий, использованию справочной литературы, оформлению технологических карт и приему зачета по выполненной работе.

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИНЦИПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

Приступая к разработке конкретного технологического процесса, студент должен вспомнить из ранее изученного курса, посвященного основам технологии производства ЛА, общие понятия о технологическом процессе, его составляющих (операция, переход, проход), составе исходной информации, видах техпроцессов (маршрутный, операционный, маршрутно-операционный), последовательности их разработки. Из курса ТЗШР студент должен хорошо себе представлять физическую сущность некоторых наиболее распространенных операций холодной листовой штамповки: резки материала на гильотинных ножницах, вырубке заготовок и пробивки в них отверстий в инструментальных штампах, гибки и вытяжки заготовок в штампах. Кроме того, ему потребуются освежить знания о технологических свойствах заданного материала детали, его термической обработке и защите от коррозии. Ниже приводятся некоторые сведения, которые принимаются за основу принципов проектирования техпроцессов холодной листовой штамповки.

Технологический процесс - часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства (ГОСТ 3.1109-82). Поскольку технологический процесс изготовления летательных аппаратов (ЛА) включает в себя всевозможные процессы получения заготовок, их обработки, сборки и испытаний узлов, агрегатов и ЛА в целом, то он подразделяется в зависимости от вида обработки на составные части - частные технологические процессы. Последние характеризуются комплексом однородных по физико-химической сущности взаимодействий оборудования и исполнителей. Все расчеты параметров частного технологического процесса производится на основе определенной физической теории (обработка металлов давлением, резанием, сварка, термообработка, клепка и т.д.). Учитывая, что процессы изготовления деталей в заготовительно-штамповочном

производстве относятся к частным технологическим процессам, в дальнейшем для упрощения слово «частный» мы будем опускать, а термин «технологический процесс» обозначим аббревиатурой «ТП». Для обеспечения получения изделий необходимого качества, а также планирования, организации и управления производством ТП подразделяется на ряд составных элементов: технологическая операция, переход, проход, прием.

Технологическая операция - это заканчивается часть ТП, которая выполняется непрерывно на одном рабочем месте. Например, резка, вырубка, гибка, вытяжка и др. Если процесс формообразования детали должен происходить в нескольких штампах или же процесс штамповки в одном штампе должен прерываться для выполнения, например, термической обработки, то в этих случаях количество однотипных операций соответственно увеличивается. Помимо основных технологических операций, в практике заготовительно-штамповочного производства (ЗШП) в ТП предусматриваются вспомогательные операции для настройки оборудования и отладки технологической оснастки, например, установка, отладка и снятие штампа (для инструментального штампа). Такие операции часто выполняются более квалифицированными специалистами, а не операторами, выполняющими основную технологическую операцию. Поэтому для нормирования таких операций используются специальные нормативы времени. Кроме указанных операций в ТП перед и после выполнения основной или группы основных технологических операций вводятся контрольные операции.

Технологический переход - это законченная часть технологической операции, выполняемые одним инструментом относительно одних и тех же поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке (ГОСТ 3.1109-82). Например, при вытяжке детали в ленте в штампе последовательного действия каждый рабочий ход ползуна пресса, связанный с передвижкой обрабатываемого полуфабриката в последующую позицию, будет считаться переходом.

Проход - это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, чистоты поверхности или свойств заготовки.

Прием - часть операции (перехода, прохода), осуществляемая оператором вовремя выполнения ТП и состоящая из одного или

нескольких элементарных действий. Например, установить полосу в штамп, включить рабочий ход, отложить отход. Степень дедетализации ТП, глубина проработки и его оснащенность зависят от многих факторов, главными из которых являются: конструкция изделия, технические требования на его изготовление, объем и программа выпуска, производственная обстановка.

ГОСТ 14.302-73 предусматривает следующие виды ТП:

маршрутный - в технологической документации приводится перечень операций без указания переходов и режимов обработки;

операционный - в операционных картах ТП приводятся переходы, проходы, приемы с указанием режимов обработки;

маршрутно-операционный - в маршрутном ТП на особо важные технологические операции разрабатываются операционные карты с необходимой степенью детализации, обеспечивающей заданное качество изготавливаемых изделий.

В ЗШП используются первый и третий виды ТП. В учебном процессе при выполнении заданий необходимо принять маршрутно-операционный принцип проектирования ТП. В условиях авиационного производства, которое характеризуется сложной и многодетальной конструкцией изготавливаемых изделий, большим количеством однотипных деталей с подобными конструктивно-технологическими признаками, относительно небольшими программами выпуска и объема производства, получили распространение следующие ТП: единичные, типовые и групповые.

Единичный ТП - это технологический процесс, относящийся к изделиям одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства (ГОСТ 14.302-73).

Типовой ТП - это технологический процесс, характеризуемый единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы деталей с общими конструктивными признаками (ГОСТ 3.1109-73). Этот вид ТП базируется на использовании классификатора деталей, разработанного на основе общности технологических признаков, технологических признаков, выявляемых у рассматриваемых деталей. В ЗШП типовой технологический процесс используется либо как информационная база для разработки единичного ТП на детали соответствующего типа (класса, группы и т.д.), либо как рабочий - для изготовления определенной номенклатуры деталей. В последнем случае к типовому ТП прикладывается

специальная технологическая карта, где указываются номера деталей, количество штук каждой детали на летательный аппарат, марка материала, размеры и масса заготовки, трудоемкость и расценка изготовления, шифры технологической оснастки и оборудования и другая информация, необходимая для данного производства. Использование типовых ТП позволяет повысить качество получаемых деталей, снизить трудоемкость их изготовления, сократить цикл и затраты на технологическую подготовку производства.

Групповой ТП - это технологический процесс, предназначенный для изготовления комплексной детали, имеющей в своем составе все подобные конструктивные и технологические признаки деталей, входящих в данную группу. Данный ТП использует один тип оборудования, единую оснастку и инструмент для изготовления всех деталей этой группы. Как правило, такие детали обрабатываются на специализированных рабочих местах. В условиях ЗШП для групповых ТП используется, например, комплект инструмента, предложенный Заслуженным изобретателем РСФСР В.М. Богдановым для выполнения поэлементной штамповки деталей [1, с. 302]. С этой же целью в авиационном производстве широко применяют различную универсальную штамповку оснастку и специальные прессы [1, глава 2, п.6].

Кроме отмеченных видов ТП ГОСТ 3.1109-83 предусматривает еще их подразделение в зависимости от стадии проектирования летательного аппарата на проектные и рабочие, а также от времени действия ТП - на временные, перспективные.

Проектным называют технологический процесс, выполняемый на базе предварительной технологической документации, которая разработана по конструкторской документации, созданной на стадии эскизного и технического проектирования изделия.

Рабочим называют технологический процесс, выполняемый по рабочей технологической и конструкторской документации и применяемый для изготовления конкретного изделия в соответствии с требованиями чертежей и технических условий.

Временным называют технологический процесс, применяемый в течении ограниченного времени из-за отсутствия надлежащего оборудования либо сложной технологической оснастки, средств механизации и автоматизации или в связи с аварией, до замены на более совершенный ТП.

Перспективным называют технологический процесс, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства осуществления которого полностью или частично предстоит освоить на предприятии при техническом и организационном перевооружении производства.

Итак, на практических занятиях необходимо разработать два рабочих маршрутно-операционных техпроцесса изготовления деталей.

Исходные данные для проектирования технологического процесса можно подразделить на три группы:

базовая информация, оказывающая непосредственное влияние на структуру, содержание и технико-экономические показатели ТП. К ней относятся рабочие чертежи изделий, плазово-шаблонная оснастка, технические требования на изготовление изделий, технические условия на приемку и поставку материалов, директивные технологические материалы, объем производства и программа выпуска изделий;

руководящая информация - отражающая правила разработки, оформления и корректировки ТП, стандартных обозначений применяемых терминов, оснастки, инструмента и оборудования (ГОСТы, ОСТы, СТП, РТМ, ПИ и др.);

справочная информация - различные нормативы по режимам и точности обработки, допускам и припускам, трудоемкости, расходам материалов и др.; каталоги и паспорта на оборудование, оснастку, инструмент, средства механизации и автоматизации; типовые технологические процессы, различные технические справочники и др.

Основные требования к разрабатываемому технологическому процессу:

обеспечить качество изделий, заложенное в конструкторской документации;

быть экономически целесообразным для заданных условий работы (программа выпуска и объем всего заказа, форма организации и управления производством, его технические возможности);

обеспечить минимальный цикл и объем подготовки производства для его освоения;

добиться высокой социальной значимости (снижения тяжелого ручного труда, вредного производства, обеспечения требований охраны труда и техники безопасности, противопожарной безопасности, повышения квалификации исполнителей и др.);

мобильность (способность ТП сохранять высокие технико-экономические показатели при резких изменениях программы выпуска изделия).

Анализ перечисленных требований показывает, что некоторые

из них противоречат друг другу. Например, ликвидация тяжелого ручного труда требует применения средств механизации и автоматизации производственных процессов, что повышает себестоимость изготовления деталей, удлиняет цикл и удорожает подготовку производства. Такой же характер противоречий можно выявить из анализа требований повышения качества деталей и снижения трудоемкости их изготовления. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо исходить из главных требований, выдвигаемых на данном производстве. При выполнении студентом заданий эти требования должны быть сформулированы руководителем занятия.

Большинство технологических процессов изготовления деталей из листового материала в ЗПП составляют по следующей схеме:

- раскрой исходного листа;
- изготовление заготовки;
- штамповка заготовки;
- доводка детали до чертежных размеров.

Раскрой листов обычно выполняют на гильотинных ножницах; типовой план резки листов на полосы состоит из следующих операций:

- настройка ножниц;
- нарезка листа на полосы;
- снятие заусенцев.

В наладку гильотинных ножниц входит установка бокового и заднего упоров. При раскрое листа на отдельные карточки, из которых в дальнейшем изготавливают заготовки, к указанным выше операциям добавляются:

- настройка ножниц;
- нарезка полосы на карточки;
- снятие заусенцев.

План изготовления заготовки зависит от способа ее получения и типа применяемого оборудования. При вырубке из полосы или карточки заготовки в инструментальных штампах в состав плана входят операции:

- установка, отладка и снятие штампа;
- вырубка заготовки;
- снятие заусенцев.

План пробивки отверстий в заготовках или деталях в инструментальных штампах выглядит таким же образом:

- установка, отладка и снятие штампа;
- пробивка отверстий ...;
- снятие заусенцев.



Основными формоизменяющими операциями для изготовления деталей являются:

в 1-м задании - гибка;

во 2-м задании - вытяжка.

В плане ТП гибку чаще всего представляют двумя видами операций: настройкой оборудования совместно с технологической оснасткой и собственно деформированием заготовки. Для гибки заготовок в инструментальном штампе такие операции формулируют следующим образом:

установка, отладка и снятие штампа;

гибка заготовки (или детали).

Если конструкция детали требует деформирования заготовки не за один рабочий ход, а за несколько (без переналаживания оснастки), то в операции гибки указывают количество переходов. В случаях гибки детали в нескольких штампах в операции гибки указывается ее номер (гибка - 1-я опер.; гибка - 2-я опер.;). При этом допустимо в плане ТП в операции «установка...» отмечать количество повторений такой операции(...раз). В рабочем ТП такое упрощение недопустимо, так как в карте ТП в графах оборудования, оснастки, инструмента должны указываться конкретные обозначения (шифры технологического оснащения основной операции). Количество основных операций гибки устанавливают исходя из рекомендаций, приведенных в технической литературе [1, с. 74, 76]. Ориентировочно можно принять, что одно - и двухугловые детали изгибают за одну операцию; четырехугольные (П - образные) - за две; в случае дополнительного изгиба полок таких деталей (пяти - ...шестиугольные) последние изгибаются за три операции гибки. В качестве доводочной операции после гибки в техпроцесс вводят подгонку детали по какой-либо технологической оснастке (шаблону, оправке, доводочному плазу, пуансону), поскольку точно определить и откорректировать на штамповом инструменте величину отпружинивания материала после снятия внешней нагрузки затруднительно.

В плане ТП во 2-м задании вытяжку заготовок представляют также двумя видами операций: настройкой штампов на универсальных прессы и собственно вытяжкой. Количество таких операций зависит от формы, геометрических соотношений и материала детали, способа вытяжки. При выполнении 2-го задания для ориентировки можно исходить из следующих положений: детали цилиндрической формы без фланца можно изготовить в

инструментальных штампах за одну операцию при соответствии глубины вытяжки  $h$  и диаметра детали  $d-h(0,7...0,8)d$ . При  $h>0,8d$  необходимо

определить количество операций вытяжки:  $m_0 = m_1 - 0,1 \frac{h}{d} - 1$

$$n = \frac{\lg d - \lg(m_1 D_0)}{\lg m_2} + 1,$$

где  $n$  - количество операций вытяжки;  $m_1$  и  $m_2$  - коэффициенты вытяжки для 1-й и 2-й операций;  $D_0$  - диаметр заготовки.

Например, требуется определить количество операций для детали  $d=50$  мм и  $h=100$  мм из материала АМг6Мл. 1,0 По справочнику [1, табл. 32] находим формулу для расчета диаметра

заготовки  $D_0 = \sqrt{d^2 + 4hd}$ :

$$D_0 = \sqrt{50^2 + 4 \cdot 100 \cdot 50} = 150 \text{ мм}$$

Используя учебное пособие [2, табл. 13], определяем коэффициенты вытяжки для материала АМг6М:

$$m_1 = \frac{(0,61 - 0,49)(2,0 - 0,667)}{1,9} + 0,49 \cong 0,57;$$

$$d_1 = 0,57 \cdot 150 = 85,5 \text{ мм}$$

$$\text{для } \frac{S}{d_1} 100 = \frac{1}{85,5} 100 \approx 1,17;$$

$$m_2 = \frac{(0,81 - 0,74)(2,0 - 1,17)}{1,9} + 0,74 \cong 0,798;$$

$$n = \frac{\lg 50 - \lg(0,57 \cdot 150)}{\lg 0,798} + 1 = 2,35;$$

принимаем  $n=3$ .

План вытяжки такой детали из листовой заготовки следующий:

установка, отладка и снятие штампа (3 раза);

вытяжка - 1-я операция;

вытяжка - 2-я операция;

вытяжка - 3-я операция;

Детали цилиндрической формы с фланцем можно вытягивать в инструментальных штампах за одну операцию, если при заданных отношениях  $d_{\text{ф}}/d$ ,  $r/S$ ,  $S/D$  величина  $h/d$  не будет превышать значения, приведенные в табл. 54 [1]. При этом должны быть удовлетворены следующие условия:

- диаметр фланца детали (с учетом припуска на обсежку) должен быть получен на первой операции вытяжки;
- формообразование детали на 2-й и последующих операциях вытяжки должно производиться за счет уменьшения диаметра ранее вытянутой части детали и увеличения ее высоты без изменения размера диаметра фланца;
- за первую операцию вытяжки в проем матрицы должно быть, втянуто столько металла, сколько его требуется для образования окончательно вытянутой части детали и фланца необходимых размеров.

Наиболее простая методика определения количества операций вытяжки для изготовления деталей с фланцем сводится к следующему. Определяют условный коэффициент вытяжки детали на первой операции по формуле [2]:

$$m_0 = m_1 - 0,1 \frac{d_{\text{ф}}}{d} - 1,$$

где  $m_1$  - коэффициент вытяжки на 1-й операции для цилиндрических деталей без фланца;

$d_{\text{ф}}$  - диаметр фланца;  $d$  - диаметр вытянутой части детали.

Коэффициенты вытяжки для 2-й и последующих операций принимают в соответствии с вышеуказанными правилами по табл. 13 [2] для деталей цилиндрической формы без фланца:

$$\begin{aligned} d_2 &= d_1 m_2; \\ d_3 &= d_2 m_3; \\ &\dots\dots\dots \\ d_n &= d_{n-1} m_n; \\ d_2 &= d_1 m_2; \\ d_3 &= d_2 m_3; \\ &\dots\dots\dots \\ d_n &= d_{n-1} m_n . \end{aligned}$$

Критерием окончания расчета количества операций вытяжки является  $d_n d_{\text{чертежа}}$ , где  $d_n$  и  $d_{\text{чертежа}}$  - диаметры вытянутой части

заготовки.

Технологический план вытяжки деталей с фланцем составляется аналогично приведенному выше плану (для деталей без фланца).

Детали коробчатой формы без фланца могут быть вытянуты в инструментальных штампах за одну операцию при условии, если их относительная высота  $h/B$  при заданных отношениях  $r/B$ . ( $S/D$ ) 100 и ширины коробки  $B$  не превышает значений, указанных в табл. 65 [1]. При величине  $h/B$  больше табличных детали должны быть вытянуты за несколько операций. Количество операций определяют в зависимости от общего коэффициента вытяжки  $m_{об}$  и отношения ( $S/D$ ) 100 по табл. 66 [1]:

$$= \frac{117,3(40 - 2 \cdot 5) + [40 + 2(63 + 0,43 \cdot 5)](60 - 40)}{60 - 2 \cdot 5} = 138,5,$$

где  $A$  и  $B$  - длина и ширина коробки;  $L$  и  $K$  - длина и ширина заготовки, которые определяют в зависимости от геометрических параметров детали по методикам, приведенным в этом справочнике.

Пример. Необходимо определить количество операций для вытяжки детали типа «коробка» из материала Д16АМл. 1,0 с размерами:

габариты в плане ( $AB$ )-6040 мм;

высота  $h=60$  мм;

радиусы закругления  $R=5$ мм.

Производим расчет размеров заготовки по формулам справочника [1]. Так, прямоугольные коробки размерами  $AB$  можно рассматривать как состоящие из двух половинок квадратных коробок шириной  $B$ , соединенных промежуточной частью размером  $(A-B)$  (см [1], с.112). В этом случае контур заготовки имеет форму овала, образованного двумя полуокружностями радиуса  $R_3$  и двумя параллельными сторонами.

Длина овальной заготовки составляет:

$$L_{заг} = D_3 + (A - B),$$

где  $D_3 = 1,13\sqrt{B^2 + 4B(h_a - 0,43R) - 1,72R(h_a + 0,33R)}$  ;

$h_a = (h + \Delta) = (60 + 3) = 63$  мм,  $\Delta = 3$  мм - припуск на обрезку;

$$D_3 = 1,13\sqrt{40^2 + 4 \cdot 40(63 - 0,43 \cdot 5) - 1,72 \cdot 5(63 + 0,33 \cdot 5)} = 117,3 \text{ мм}$$

$$L_{саа} = 117,3 + (60 - 40) = 137,3 \text{ мм.}$$

Ширину овальной заготовки определяют по формуле

$$K_{caa} = \frac{D_3(B - 2R) + [B + 2(h_a + 0,43R)](A - B)}{A - 2R} =$$

$$= \frac{117,3(40 - 2 \cdot 5) + [40 + 2(63 + 0,43 \cdot 5)](60 - 40)}{60 - 2 \cdot 5} = 138,5 \text{ мм}$$

Общий коэффициент вытяжки

$$m_{ia} = 1,27 \frac{A + A}{L_{caa} + E_{caa}} = 1,27 \frac{60 + 40}{137,3 + 138,5} = 0,46.$$

Относительная толщина заготовки

$$\frac{S}{L_{caa} + E_{caa}} = \frac{1,0}{137,3 + 138,5} = 0,725.$$

Согласно табл. 66 [1] коробчатая деталь с полученными в результате расчета данными должна штамповаться за две операции.

Технологический план вытяжки коробчатых деталей составляется по той же методике, что и для цилиндрических деталей без фланца.

Детали конической формы подразделяются на низкие  $H/d_{cp} < 0,65$  и высокие  $H/d_{cp} > 0,65$  ( $d_{cp}$  - средний диаметр конуса). Низкие конусы вытягиваются за одну операцию, за исключением деталей с фланцем и соотношением  $(S/D)_{100} < 0,8$ , которые требуют для своего изготовления две операции. Высокие конусы вытягиваются из предварительно отштампованного цилиндрического или ступенчатого полуфабриката за три и более операций. Ориентировочная разбивка процесса вытяжки таких деталей по операциям приведена в работе [1, с. 158-160].

В качестве доводочных операций в план ТП по 2-му заданию вводят обрезку деталей по высоте или обесечку фланца, пробивку пазов и отверстий. Предполагаем, что эти операции производят

также с применением штампов.

После составления технологического плана (схемы) более детально прорабатывается каждая операция будущего техпроцесса. Для раскройных операций определяют размеры заготовки, ширину полосы, составляют 2-3 варианта раскроя листов выбранных по ГОСТу, с определением коэффициентов использования материала. Для наиболее выгодного варианта определяют усилие резания, выбирают по каталогу модель гильотинных ножниц и составляют карту раскроя. Последнюю представляют в виде эскиза выбранного листа материала с указанием расположения на нем отрезаемых полос и отходов (приводят их размеры). Для операций штамповки (вырубки заготовок, пробивки отверстий, гибки, вытяжки) определяют силовые параметры процесса и подбирают по каталогу оборудование. Затем приступают к составлению развернутого технологического процесса. В схему (план) вводят операции контроля (входного, межоперационного и приемочного), маркировки, термической обработки, покрытия. Если деталь в сборочном цехе не подвергается каким-либо доработкам (рассверловка отверстий, припиловка и др.), то заключительными операциями ТП будут ее взвешивание, а также упаковка (для декоративных деталей). Основные операции (по указанию преподавателя) подразделяют на переходы и рабочие приемы. Такие сведения студент может получить из просмотра раздела «Содержание работ», таблиц норм времени на выполнение соответствующей операции, а также из приведенного в приложении примера развернутого техпроцесса. Операции контроля, настройки оборудования, наладки технологической оснастки, маркировки, взвешивания, упаковки в ТП не рассматриваются по переходам. Все необходимые сведения по их выполнению обычно обобщаются в виде производственных инструкций (ПИ), шифр и название которых указывают либо в специальной технологической карте, либо рядом с соответствующей операцией. Для каждой операции ТП устанавливают согласно справочнику [3] профессию и разряд работы исполнителей.

Приведем некоторые рекомендации по введению в техпроцессе операций термической обработки. Любая операция формоизменения основана на пластической деформации заготовки, которая вызывает упрочнение материала: повышает предел прочности  $\sigma_B$  и  $\sigma_T$ , снижают характеристики пластичности -

относительное удлинение и относительное сужение. В то же время при проектировании ТП необходимо учитывать, что материал готовой детали должен соответствовать тем свойствам, которые учитывались при ее расчете на прочность. Поэтому во многих случаях, когда заготовку деформируют на относительно большие степени деформации, необходимо вводить в техпроцесс термическую обработку, создающую в материале те свойства, которые предусматривает чертеж детали. Например, детали из сплава Д16АМ, изготавливаемые гибкой, должны быть поставлены на летательный аппарат в закаленном и состаренном состоянии. В соответствии с этими требованиями заготовки из Д16АМ подвергают закалке и гибке в свежезакаленном состоянии. При этом материал примерно в течение двух часов со времени закалки сохраняет пластические свойства, соответствующие сплаву Д16АМ. По истечении этого времени процесс старения резко ускоряется и материал приобретает свойства Д16АТ. Детали из Д16АМ, получаемые вытяжкой из листовых заготовок, деформируют либо в свежезакаленном состоянии (для однооперационной штамповки), либо в исходном состоянии и с промежуточными отжигами (для восстановления пластических свойств) при многооперационной вытяжке. В последнем случае перед заключительной операцией вытяжки полуфабрикат подвергают закалке и на последней операции деформируют в свежезакаленном состоянии.

Детали из термически неупрочняемых двойных алюминиевых сплавов типа Al-Mn и Al-Mg обычно получают из отожженного (исходного) материала; гибку простых деталей допустимо производить из полунагартованных заготовок. При штамповке деталей, требующих больших степеней деформации, например, при многооперационной вытяжке, в техпроцесс можно вводить межоперационную разупрочняющую термообработку, а перед заключительной операцией штамповки или перед доводкой в обязательном порядке - полный отжиг, восстанавливающий исходные механические свойства сплава.

Детали из конструкционных сталей и титановых сплавов штампуют из материала в разупрочненном состоянии или с нагревом: упрочняющую термическую обработку, если этого требует чертеж, производят на заключительном этапе. Причем небольшие детали простой конструкции из заготовок, полученных по ШРД, не требуют после упрочняющей термообработки ручной доводки. Детали из термически неупрочняемых высоколегированных сталей аустенитного класса (типа 08X18H10) при многооперационной штамповке требуют применения межоперационной разупрочняющей термообработки. В качестве последней рекомендуют использовать закалку. Детали из сталей переходного (аустенитно-мартенситного) класса (типа X15H9Ю), для которых упрочняющая термическая

обработка имеет следующую технологию: закалка+обработка холодом+отпуск (старение), обычно деформируют в нормализованном состоянии; закалку и обработку холодом производят на этапе доводки - после предварительной подгонки детали, а старение - перед окончательной правкой детали. Детали из бериллиевой бронзы (БрБ2) штампуют после закалки; упрочнение ее старением производят на этапе доводки.

Необходимо обратить внимание на то, что формообразование деталей практически из всех титановых и магниевых сплавов производят с нагревом заготовки.

Разработанный технологический процесс оформляется на специальных бланках (картах технологического процесса) в соответствии с требованиями ГОСТов.

В начале заполняют маршрутные карты ТП, при этом операции записывают в повествовательном наклонении (например, вырубка, гибка и т.д.), нумерация операций начинается с 005 (шаг 005). Затем на наиболее важные (в основном деформирующие) операции по указанию руководителя работы оформляют операционные карты. При этом переходы и рабочие приемы записывают в повелительном наклонении (взять, установить, включить и т.д.); нумерация указывается арабскими цифрами (1,2,3,...).

В комплект документации ТП входят также карты эскизов, на которых изображают операционные эскизы окончательно обработанных полуфабрикатов (деталей), с указанием размеров или расположения контролирующих шаблонов. В учебных заданиях эти карты заполняются по указанию преподавателя в случае, когда в операционных картах в соответствующей графе не хватает места для размещения необходимой конструкторской информации. Помимо отмеченных бланков, в производственных условиях к технологическому процессу также прикладывается специальная карта с номерами и названиями производственных инструкций (ПИ) по охране труда и технике безопасности для каждого вида работ, используемых при изготовлении данной детали.

В заключение необходимо отметить, что для технологического процесса на учебных практических занятиях, как исключение, по разрешению преподавателя допускается оформление на бланках, ранее разработанных для этой цели на кафедре ПЛА, или на листах писчей бумаги (А8) с обязательной прорисовкой, в соответствии с образцом, граф (кроме норм времени) и последующего их заполнения. Примеры занесения информации в специализированные и упрощенные бланки представлены в приложении.



## **СОДЕРЖАНИЕ И ПРИНЦИПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ**

### **Задание 1**

**Спроектировать технологический процесс изготовления детали с использованием операции гибки. Форма, размеры и материал детали выдаются преподавателем из табл. 1, 2, 3.**

Порядок выполнения задания:

1. Провести анализ технологичности конструкции детали. Для этого необходимо изучить требования, предъявляемые к деталям, получаемым штамповкой заготовок в инструментальных штампах. Они приведены в справочнике [1, с. 280-282]. Затем проанализировать конструкцию заданной детали и сделать выводы о возможности изготовления деталей штамповкой. При необходимости, с разрешения преподавателя, привести корректировку размеров детали. В заключение разработать технологическую схему (план) изготовления детали.
2. Определить размеры заготовки. Размер развертки детали основан на равенстве длины исходной заготовки длине нейтрального слоя изогнутой детали. Более подробные сведения по этому вопросу приведены в справочнике [1, с. 60-65].
3. Разработать карту раскроя листа. Решения этой задачи необходимо начинать с определения ширины полосы, используемой для вырубki заготовки. Для упрощения принимаем тип раскроя - прямой однорядной [1, табл. 136]. Формулы для определения ширины полосы принимаются по табл. 142 [1], перемычки между вырубаемыми заготовками по табл. 139, допуски на ширину полос при резке на гильотинных ножницах - по табл. 144.

Затем выбираются по ГОСТам габариты листов. Здесь необходимо учитывать, что масса полосы при ее подаче в штамп вручную не должна превышать 12 кг, а длина 2,0 м. Рекомендуется листы выбирать шириной до 2000 мм. При расположении полос на листе необходимо учитывать, что линии сгиба должны преимущественно располагаться перпендикулярно направлению прокатки листа (его длине).

После выбора листа необходимо определить количество нарезаемых полос и заготовок из полосы, а также рассчитать коэффициент использования материала листа:

$$\eta = \frac{fn}{A_e \cdot A_e} 100\%,$$

где  $f$  - площадь вырубаемой заготовки (без учета отверстий);  $n$  - количество заготовок из листа;  $A_d$  и  $B_d$  - ширина и длина листа.

Все расчеты должны выполняться для двух вариантов раскроя: либо для двух листов разных габаритов, либо при нарезке полос из одного листа вдоль и поперек направления проката. Для наиболее выгодного варианта необходимо составить карту раскроя листа, которая должна быть приведена в карте технологического процесса и в пояснительной записке. В заключение этой работы необходимо определить усилие резки листа на гильотинных ножницах (с наклонным ножом):

$$P = 0,5 \frac{S_0^2}{\text{tg}\varphi} \sigma_m k,$$

где  $\varphi$  - угол створа ножей;  $S_0$  толщина листа;  $\sigma_m$  - сопротивление материала срезу;  $k_{1,3}$  - коэффициент, учитывающий изгиб листа при резке, неравномерность механических свойств и толщины материала, притупление режущих кромок ножей.

По каталогу необходимо подобрать марку ножниц, а их основные характеристики привести в пояснительной записке.

4. Определить усилие вырубki заготовки - пробивки отверстий в инструментальном штампе.

При выполнении этих операций в штампах с параллельными режущими кромками усилие резания определяется по формуле

$$P = L S_{0\text{ср}},$$

где  $L$  - длина периметра резания.

Принимаем, что снятие отхода полосы в штампе производится подвижным съемником; вырубленная заготовка удаляется либо на провал, либо выталкивается на поверхность штампа:

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} P,$$

где  $k_{\text{сн}}$  - коэффициент, зависящий от типа, толщины и ширины материала [1, табл. 6].

Усилие проталкивания заготовки через проем матрицы

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} P n,$$

где  $k_{\text{пр}}$  - коэффициент, зависящий от способа выталкивания заготовки (отхода) и толщины материала [1, с. 21];  $n = h/S_0$ ;  $h$  - высота цилиндрического пояса (рабочей кромки) матрицы.

Рекомендуется  $P$ ,  $P_{\text{сн}}$  и  $P_{\text{пр}}$  для каждой операции (вырубki

по наружному контуру и пробивки отверстий) определять отдельно.

Полное усилие для выполнения совмещенной операции, которое используется для подбора прессы составит

$$P_{\Sigma} = k(P_1 + P_{i1} + P_{i2} + P_{n2} + P_{i2}),$$

где  $k=1,3$  - коэффициент, учитывающий неравномерность механических свойств и толщины материала, притупление режущих кромок штампа.

5. Произвести подбор прессы для выполнения совмещенной операции по каталогу оборудования, исходя из следующих требований:

- полного усилия штамповки -  $P$ ;
- величины рабочего хода ползуна;
- закрытой высоты штампа (ориентировочно  $H_{закр} 150 S_0$ ;
- габаритов штампа в плане (ориентировочно  $250...300 S_0$ ;
- $350...400 S_0$ ).

В пояснительной записки привести основные характеристики выбранного прессы.

6. Определить усилие гибки заготовки.

Основные формулы для расчета данного параметра приведены в справочнике [1, табл. 23].

7. Произвести подбор прессы для выполнения операции гибки, исходя из следующих требований:

- усилия гибки;
- величины хода ползуна  $h$  (не имеет двух высот детали);
- закрытой высоты штампа (ориентировочно  $(2,5...3,0) h$ ;
- габаритов штампа в плане (зависит от размеров заготовки и количества одновременно штампуемых деталей).

В пояснительной записки привести обоснование выбора и основные характеристики прессы.

8. Рассчитать параметры пружинения материала после выполнения операции гибки.

Детали, полученные гибкой, обычно не соответствуют форме деформирующего инструмента. Поэтому для получения изделия по чертежу необходимо произвести корректировку инструмента по углу и величине радиуса изгиба. Формулы для определения параметров пружинения при гибке деталей с  $r_{zn} < 10S_0$  имеют вид

$$r = \frac{1}{\frac{1}{r_0 + \frac{S}{2}} + \frac{3\sigma_a}{AS_0}} - \frac{S_0}{2};$$

$$\alpha = \arctan \frac{3\sigma_a}{A} \frac{r}{S_0} - \frac{1}{2} \frac{r}{S_0},$$

где  $r$  - радиус закругления пуансона;  $r_0$  - внутренний радиус изогнутой детали (по чертежу);

$\alpha$  - угол пуансона с учетом корректирования;  $\theta$  - угол, на который гнется деталь;  $E$  - модуль упругости материала детали.

При  $r_{вн} > 10S_0$  параметры пружинения удобно определять по графикам [1, рис. 64, 65].

9. Разработать и оформить на бланках технологических карт маршрутно-операционный технологический процесс изготовления детали.

10. Оформить пояснительную записку с обоснованиями принятых решений и выполненных технологических расчетов.

#### ТАБЛИЦА 1.

Пример. Необходимо разработать технологический процесс изготовления хомутика (материал - сталь 08КПл 1.0 ГОСТ 16523-70), представленного на рис. 1.

#### Рис.1. Деталь изготавливаемая гибкой в инструментальном штампе

Анализируя конструкцию и материал детали, принимаем следующую технологическую схему ее изготовления:

- раскрой листа на полосы;
- вырубка в штампе из полосы заготовки с одновременной пробивкой в ней отверстий;
- гибка заготовки в штампе;
- доводка детали вручную.

Произведем для данной схемы расчеты технологических параметров.

1. Определим размеры развертки детали:

$$L = l_{пр} + l_{кр} ,$$

где  $l_{пр} = 223 = 46$  мм - длина прямолинейных участков детали;

$l_{e?} = \frac{\pi \varphi}{180} G_{ai} + 0,5 S_0 l$  - длина прямолинейных участков детали;

$$B = D + 2(b + \Delta_o) + z l_{e?} = \frac{\pi 180}{180} (8 + 0,5 \cdot 1) = 26,7 \text{ мм};$$

$x = 0,5$  [1, табл. 16] - коэффициент, учитывающий смещение нейтрального слоя.

$$L = 46 + 26,7 = 72,7 \text{ мм}.$$

Итак, размеры заготовки для штамповки детали 72,7S14 мм.

2. Производим расчет ширины полосы для вырубki заготовки.

Она в основном зависит от марки и толщины материала, величины перемычек между вырубаемыми заготовками, расположения заготовок в полосе, конструкции штампа, точности работы оборудования для раскроя листов, применяемых средств механизации подачи полосы в штамп.

Принимаем для разрабатываемого техпроцесса, что лист на полосы разрезается на гильотинных ножницах. Заготовки из полос вырубается в штампе без бокового прижима полосы и сподачей материала в рабочую зону вручную.

Формула для расчета ширины полосы в этом случае имеет вид [1, табл. 142]

$$B = D + 2(b + \Delta_o) + z,$$

где  $b = 1,2$  мм [1, табл. 139] - величина перемычки между заготовками;  $\Delta_o = 0,8$  мм [1, табл. 144] - односторонний (минусовый) допуск на ширину полосы  $z = 1,0$  мм [1, табл. 143] - гарантиный зазор между полосой и направляющими штампа.

В зависимости от расположения заготовки на полосе ширина полосы может быть следующая:

$$B_1 = 72,7 + 2(1,2 + 0,8) + 1,0 = 77,7 \text{ мм},$$

$$B_2 = 14 + 2(1,2 + 0,8) + 1,0 = 19 \text{ мм}.$$

3. По ГОСТу выбираем листы габаритом 1000S2000 и 1500S2000 мм. При изготовлении деталей гибкой необходимо, по возможности, соблюдать правило, чтобы линиягиба не совпадала с направлением прокатки листа (рис. 2).

Шаг расположения заготовок на полосе составляет:

$$t_1 = 14 + 1,2 = 15,2 \text{ мм}; \quad t_2 = 77,7 + 1,2 = 78,9 \text{ мм}.$$

Рис. 2. Расположение полос при раскрое листа

4. Определяем количество заготовок, которое можно получить при раскрое листов по вариантам «а» и «б» (табл. 4).

Таблица 4

Количество заготовок, получаемых из листов при различных вариантах раскроя

5. Производим расчет коэффициентов использования материала листов:

$$\eta = \frac{fn}{A_e \cdot A_e} 100\%$$

Для определения площади заготовки  $f$  разбиваем ее на фигуры простой геометрической формы - прямоугольник (площадь  $58,7 \cdot 14 = 821,8 \text{ мм}^2$ ) и две концевые полуокружности (площадь

$$? = 0,5 \frac{1,6^2}{0,0262} 50 \cdot 1,3 = 317,5 \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi 14^2}{4} = 153,8 \text{ мм}^2). \quad \text{Общая}$$

площадь заготовки  
 $f = 821,8 + 153,8 = 975,7 \text{ мм}^2$ .

$$\eta_{1a} = \frac{975,7 \cdot 1625}{1000 \cdot 2000} 100 = 79,3\%$$

$$\eta_{2a} = \frac{975,7 \cdot 2450}{1500 \cdot 2000} 100 = 79,7\%$$

$$\eta_{1b} = \frac{975,7 \cdot 1300}{1000 \cdot 2000} 100 = 63,4\%$$

$$\eta_{2b} = \frac{975,7 \cdot 1950}{1500 \cdot 2000} 100 = 63,4\%$$

Таким образом, для разработки техпроцесса изготовления деталей выбираем лист габаритом 1500S2000 и его раскрой по варианту «а».

6. Подбор гильотинных ножниц производится исходя из усилия резания и ширины (длинной стороны) отрезаемой полосы. Усилие резания определяем по формуле

$$P = 0,5 \frac{S_0^2}{\operatorname{tg} \varphi} \sigma_{\text{ср}} k ,$$

где  $S_0=1,0$  мм - толщины материала;  $\sigma_{\text{ср}}=25,0$  кг/мм<sup>2</sup> (250 МПа);  $\varphi$  - угол створа ножниц, принимаем ориентировочно  $=1,5^\circ$ ;  $k=1,3$  - коэффициент, учитывающий затупление ножей, разброс толщины и механических свойств материала и др.;

$$P = 0,5 \frac{1,0^2}{0,0262} 25 \cdot 1,3 = 620,2 \text{ кг (6,2 кН)}.$$

Ножницы для резки материала толщиной  $S_0 1,6$  мм, пределом прочности  $\sigma_{\text{ср}} 50$  кг/мм<sup>2</sup> и шириной реза  $1600$  мм, по каталогу выбираем модель Н-472 (ГОСТ 6282-52). Правильность их выбора по развиваемому усилию резания

$$P = 0,5 \frac{1,6^2}{0,0262} 50 \cdot 1,3 = 317,5 \text{ кг (32 кН)}.$$

Таким образом, для техпроцесса можно рекомендовать гильотинные ножницы модели Н-472.

7. Определяем усилие вырубке заготовки - пробивки отверстий в инструментальном штампе.

Усилие разделения материала при вырубке заготовок по наружному контуру определяем по формуле

$$P_1 = L S_{0\text{ср}} .$$

Для нашего примера длина контура  $L = L_{\text{пр}} + L_{\text{кр}}$  ,

где  $L_{\text{кр}} = (72,7 - 72) S_2 = 117,4$  мм,

$L_{\text{пр}} = 2R = 23,147 = 43,96$  мм.

$P_1 = (117,4 + 43,9) 1,025 = 4032,5$  кг (40,3 кН) .

Усилие снятие полосы с пуансона

$$P_{\text{сн1}} = k_{\text{сн}} P_1 ,$$

где  $k_{\text{сн}} = 0,12$  - для штампа последовательного действия (вырубка-пробивка) [1, табл. 6];

$P_{\text{сн}} = 0,1240,3 = 4,8$  кН.

Усилие проталкивания заготовки через матрицу

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} P_1 n ,$$

где  $k_{\text{пр}} 0,1$  - при вырубке на провал [1, с.21];  $n$  - количество заготовок, находящихся одновременно в цилиндрической шейке матрицы.

Учитывая необходимость периодического ремонта - перешлифовки режущей кромки матрицы, принимаем  $n=3$ :

$$P_{\text{пр1}}=0,140,33=12,1 \text{ кН.}$$

Усилие резания при пробивке четырех отверстий

$$P_2=4dS_0\sigma_p=43,143,21,0251005 \text{ кг (10,1 кН).}$$

Усилие снятия заготовки с пуансона

$$P_{\text{сн2}}=k_{\text{сн}}P_2=0,1210,1=1,21 \text{ кН ,}$$

где  $k_{\text{сн}}=0,12$  - для многопуансонного пробивного штампа [1, табл. 6].

Усилие проталкивания отходов при пробивке отверстий

$$P_{\text{пр2}}=k_{\text{пр}}P_2n=0,0810,13=2,42 \text{ кН ,}$$

где  $k_{\text{пр}}=0,08$  - при вырубке «на провал» [1, с.21];  $n=3$ .

Общее усилие прессы, необходимое для выполнения этой операции, составит

$$P=k_1(P_1+P_2+P_{\text{сн1}}+P_{\text{сн2}}+P_{\text{пр1}}+P_{\text{пр2}});$$

где  $k_1=1,3$  - коэффициент, учитывающий потери на затупление режущих кромок, разброс толщины и механических свойств материала и т.д.:

$$P=1,3(40,3+10,1+4,8+1,21+12,1+2,42)92,2 \text{ кН .}$$

8. Производим выбор прессы по каталогу оборудования в зависимости от  $P$ , величины рабочего хода ползуна, закрытой высоты и габаритов штампа в плане.

При этом условно принимаем следующее:

рабочий ход ползуна должен быть не менее 5-10 толщин материала;

закрытая высота штампа  $H_{\text{закр}}=150S_0$  ;

габариты штампа в плане 300S400 мм.

Наиболее подходящим для нашего случая выбираем пресс К-113 (усилие прессы  $P=250$  кН; ход ползуна  $h=64$  мм; габариты стола прессы 320S480 мм:  $H_{\text{закр}}=220$  мм).

9. Определяем усилие гибки заготовки.

По справочнику [1, табл. 22] формула для расчета этого параметра имеет следующий вид:

$$P=BS_0\sigma_b k_1 ,$$

где  $B=14$  мм - длина линиигиба;  $k_1=f(l/S_0; \text{ марки материала})$  [1, табл. 24].

Для полукруглой гибки  $l=2(r+1,2S_0)=2(8+1,21,0)=18,4$  мм;  $k_1=0,09$ ;

$$P=141,0300,09=37,8 \text{ кг (0,4 кН) .}$$

10. Для выполнения операции гибки выбираем пресс в зависимости от параметров, указанных в п. 9. При этом условно принимаем:



рабочий ход ползуна - не менее двух высот детали, т.е.  $h65$  мм;  
 закрытая высота штампа  $H_{закр}3h200$ мм;  
 габариты штампа в плане -  $200S300$  мм.

По каталогу выбираем пресс ЭР-50 (усилие  $P=500$  кН; ход ползуна  $h=70$  мм; габариты стола прессы  $370S575$  мм;  $H_{закр}=265$  мм).

11. Рассчитываем закругления пуансона, учитывающий отпружинивание заготовки после ее гибки, определим по формуле (для  $r_{вн}<10S_0$ ) [2, с. 43]

$$r_{ai} = \frac{1}{\frac{1}{r_0 + 0,5S_0} + \frac{3\sigma_a}{A \cdot S_0}} - \frac{S_0}{2} = \frac{1}{\frac{1}{8 + 0,5 \cdot 1,0} + \frac{3 \cdot 30}{2 \cdot 10^4 \cdot 1,0}} - \frac{1,0}{2} \approx 7,7$$

мм ,

$r_{вн}$  - внутренний радиус изогнутой детали;  $E=210^4$  кг/мм<sup>2</sup>( $210^3$ МПа) - модуль упругости материала.

Угол пружинения материала после снятия внешней нагрузки =дет - пуансона; дет= $90^\circ$ ;

$$D_c = \sqrt{d_0^2 + 4d_a l} - 3,44R_a d_a ;$$

$$=90-86,6=3,4^\circ.$$

Таким образом, в технических условиях на проектирование гибочного штампа необходимо задать радиус закругления пуансона  $r=7,7$  мм, а угол сопряжения рабочих кромок пуансона пуанс= $86,6^\circ$ .

12. На основе принятой технологической схемы (плана) изготовления детали и выполненных расчетов технологических параметров разрабатываем и оформляем маршрутно-операционный техпроцесс (на специализированных и упрощенных картах см. приложение).

Задание 2

Спроектировать технологический процесс изготовления детали с использованием операции вытяжки. Форма, размеры и материал детали выдаются преподавателем из таблиц 3, 5, 6.

Порядок выполнения задания:

1. Провести анализ технологичности конструкции детали, сделать вывод о возможности ее изготовления штамповкой [1, с. 280-282].
2. Разработать технологическую схему (план) изготовления детали.
3. Определить размеры заготовки. Формулы для определения размеров заготовки выводятся из условия равенства площадей исходной заготовки и готовой детали. Они приведены в

справочнике [1]:

а) для тел вращения - в табл. 32. Припуск на обрезку принимать либо по табл. 34 и 35, либо рассчитать по формуле

$$\delta = 0,75 + 0,4 \frac{H}{d} k + 0,02H \zeta,$$

где H - высота детали; d - диаметр вытяжки.

Величину припуска необходимо учитывать в расчетах размеров заготовки: для деталей без фланца - путем увеличения их высоты; для деталей, имеющих фланец, увеличивая его размеры;

б) для деталей коробчатой формы размеры заготовки определяют в зависимости от геометрических соотношений по различным методикам. Выбор методики производят согласно графику (рис. 87); описание методики приведено на с. 106-113.

4. Разработать карту раскроя листа.

Методика выполнения этой работы изложена в п.3 задания 1.

5. Определить усилие вырубki заготовки в инструментальном штампе.

Методика выполнения этой работы изложена в п. 4 задания 1.

6. Произвести подбор прессы для выполнения операции вырубki заготовки.

Основные требования для этого изложены в п. 5 задания 1.

7. Определить количество операций вытяжки и операционные размеры детали.

Методика выполнения этой работы изложена в разд. 1 настоящей работы. Таблицы для определения коэффициентов вытяжки и правила выбора коэффициентов с использованием метода интерполяции приведены в пособии [2, табл. 13-16].

8. Произвести расчеты высоты детали на каждой операции вытяжки.

Формулы для определения этих параметров приводятся в справочнике для следующих форм деталей [1]:

цилиндрических деталей без фланца - табл. 49-51;

цилиндрических деталей с фланцем - на с. 133;

высоких квадратных коробок - табл. 67;

высоких прямоугольных коробок - табл. 68.

9. Определить усилия вытяжки и прижима заготовки для каждой операции.

Формулы для расчета этих параметров приведены в табл. 72 и на с. 174-176 [1].

10. Произвести подбор прессов для выполнения операций вытяжки

исходя из следующих требований:

полного усилия вытяжки (с учетом усилия прижима) для данной операции -  $P$ ;

величины рабочего хода ползуна, равной примерно 2,5 высоты детали, вытягиваемой на данной операции;

закрытой высоты штампа (ориентировочно принять 4-5 высот детали, вытягиваемой на данной операции);

габаритов штампа в плане (ориентировочно принять 4-5 диаметров заготовки или полуфабриката на каждую сторону).

11. Определить усилия, необходимые для окончательной обрезки края или фланца детали, а также пробивки отверстий (с учетом усилия на проталкивание или разрезку отходов и снятия детали с инструмента):  $P=P+P_{пр}+P_{сн}$  - для каждой разделительной операции.
12. Произвести подбор прессов для выполнения разделительных операций в соответствии с требованиями, изложенными в п. 10 данного задания.
13. Разработать и оформить на специальных картах маршрутно-операционный технологический процесс изготовления детали.
14. Оформить пояснительную записку с обоснованиями принятых решений и выполненных технологических расчетов.

ТАБЛИЦА 5

ТАБЛИЦА 6

Пример. Необходимо разработать технологический процесс изготовления цилиндрической детали с фланцем (колпачок) из материала АМцАМ л1,2 ГОСТ 21631-76 (рис. 3). Размеры детали:  $d_{ф}=90$  мм;  $d_{н}=50$  мм;  $R_{д}=5$  мм;  $H=60$  мм.

Рис.3. Деталь, изготавливаемая вытяжкой в инструментальных штампах

Анализируя конструкцию и материал детали, принимаем следующую технологическую схему ее изготовления:

раскрой листа на полосы;

вырубка в штампе из полосы заготовки;

вытяжка детали;

обсечка фланца и пробивки отверстия 10 в штампе

совмещенного действия;

пробивка отверстий 3,0 с помощью штампа.

Произведем для данной схемы расчеты технологических параметров.

1. Определим размеры заготовки:

Согласно справочнику [1, табл. 32] для цилиндрической детали с фланцем формула расчета диаметра заготовки с учетом влияния радиусов закруглений  $R_d$  имеет следующий

$$D_c = \sqrt{d_0^2 + 4d_a l - 3,44R_d d_a} .$$

Учитывая, что после вытяжки детали необходимо произвести обесчку фланца, учтем при расчете величины заготовки припуск на выполнение этой операции. По табл. 35 [1] для данной детали он равен 3,0 мм на сторону. Тогда  $d_{ф}=90+23=96$  мм;

$$\eta_{2a} = \frac{15562,3? 104}{1200? 2000} 100 = 67,4\% \text{ мм} .$$

2. Произведем расчет ширины полосы для вырубки заготовки.

Принимаем однорядное расположение заготовок в полосе. Вырубку заготовок производим в штампе без бокового прижима. Раскрой листа выполняем на гильотинных ножницах. Ширину полосы определяем по формуле [1, табл. 142]

$$B=D+2(b+ш)+z$$

где  $b=2,2$  мм [1, табл. 139] - величина перемычки;  $ш=1,2$  мм [1, табл. 144] - односторонний допуск на ширину полосы при резке на гильотинных ножницах;  $z=1,5$  мм [1, табл. 143] - гарантийный зазор между полосой и направляющими штампа;

$$B=140,8+2(2,2+1,2)+1,5=149,1 \text{ мм} .$$

3. По ГОСТу выбираем листы габаритом 1000S2000 и 1200S2000 мм.

4. Определяем количество заготовок, которое можно получить при раскрое листов на полосы вдоль (вариант «а») и поперек («б») расположения волокон на листе (табл. 7). При этом шаг заготовок при их вырубке из полосы составляет

$$t=140,8+2,2=143 \text{ мм} .$$

#### ТАБЛИЦА 7

Количество заготовок, получаемых из листов при различных вариантах раскроя

5. Производим расчет коэффициентов использования материала листов по формуле

$$\eta = \frac{fn}{A_e B_e} 100\% ,$$

$$\text{где } f = \frac{\pi D_c^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 140,8^2}{4} = 15562,3 \text{ мм}^2 ;$$

$$n = 0,5 \frac{1,2^2}{0,0262} 8,0 \cdot 1,3 = 285,8 ,$$

$$\eta_{2a} = \frac{15562,3 \cdot 104}{1200 \cdot 2000} 100 = 67,4\% ,$$

$$\eta_{1a} = \frac{15562,3 \cdot 91}{1000 \cdot 2000} 100 = 70,8\% \quad \eta_{2a} = \frac{15562,3 \cdot 104}{1200 \cdot 2000} 100 = 67,4\%$$

Таким образом, для разработки техпроцесса изготовления деталей выбираем лист габаритом 1000S2000 и разрезаем его на полосы 1000S149,1.

6. Определяем усилие резания листа на гильотинных ножницах [1]:

$$P = 0,5 \frac{S_0^2}{\text{tg}\varphi} \sigma_n k ,$$

где  $S_0=1,2$  мм;  $\sigma_n=8,0$  кг/мм<sup>2</sup> (80 МПа);  $\varphi=1,5^\circ$  - угол створа ножей (принимаем ориентировочно);  $k=1,3$  - коэффициент, учитывающий затупление ножей, разброс механических свойств материала и др.;

$$P = 0,5 \frac{1,2^2}{0,0262} 8,0 \cdot 1,3 = 285,8 \text{ кг (2,9 кН)}.$$

Ножницы для резки материала толщиной  $S_0=1,2$  мм и пределом прочности  $\sigma_n=80$  кг/мм<sup>2</sup>, шириной реза 1600 мм, по каталогу выбираем модель Н-472 (ГОСТ 6282 - 52). Угол створа ножей у таких ножниц  $\varphi=1^\circ 30'$ , поэтому проверку по развиваемому усилию можно не делать.

7. Определяем усилие вырубki заготовки в инструментальном штампе [1]:

$$P = DS_{0\text{ср}} = 3,14 \cdot 140,8 \cdot 1,28 \cdot 0,4244 \text{ кг (43кН)}.$$

Усилие снятие полосы с пуансона

$$P_{сн} = k_{сн} P$$

где  $k_{сн} = 0,08$  [1, табл. 6],

$$P_{сн} = 0,084244340 \text{ кг (3,4 кН)}.$$

Усилие проталкивания заготовки через матрицу (на провал)

$$P_{пр} = k_{пр} P n$$

где  $k_{пр} = 0,1$  [1, с. 21];  $n = h/S_0$ , где  $h = 5$  мм - высота цилиндрической части проема матрицы (принимаем ориентировочно);

$$P_{пр} = 0,1 \cdot 4244 \cdot \frac{5}{1,2} \cong 1768 \text{ кг (17,7 кН)}.$$

Общие усилие пресса, необходимое для выполнения операции вырубки заготовки, составит

$$P = k_1 (P + P_{сн} + P_{пр}),$$

где  $k_1 = 1,2$  [1] - коэффициент, учитывающий износ режущих кромок, разнотолщинность материала и др.;

$$P = 1,2(43,0 + 3,4 + 17,7) = 76,9 \text{ кН}.$$

8. Производим выбор пресса по каталогу оборудования в зависимости от  $P$  величины рабочего хода ползуна, закрытой высоты и габаритов штампа в плане.

При этом условно принимаем следующее:

рабочий ход ползуна должен быть не менее 5-10 толщин материала (10...12 мм);

закрытая высота штампа Нзакр150S0 (180 мм);

габариты штампа в плане 350S400 мм.

Наиболее подходящим для выполнения данной операции будет пресс К-30, имеющий характеристики:

усилие пресса  $P = 300$  кН;

ход ползуна - 10 (min) мм...80 (max) мм;

Нзакр=250 мм;

размеры стола 395S570 мм.

9. Определим количество операций вытяжки и операционные размеры детали.

Для этого вначале, используя табл. 14 [2], определим ориентировочно, за сколько операций можно вытянуть деталь на полную глубину.

$$\text{Согласно } m_0 = m_1 - 0,1 \frac{S_0}{D} - 1, \Delta_1 = \frac{S_0}{D} 100 = \frac{1,2}{140,8} 100 = 0,85 \text{ и}$$

$\frac{H}{d_i} = \frac{60}{50} = 1,2$  деталь можно вытянуть за две операции. Для уточнения

используем расчет количества операций, основываясь на рекомендуемых коэффициентах вытяжки. По методике, изложенной в работе [2], коэффициент первой вытяжки для цилиндрической детали с фланцем определяют по формуле

$$m_0 = m_1 - 0,1 \left( \frac{90}{50} - 1 \right) \leq 0,45$$

где  $m_1$  - коэффициент первой вытяжки цилиндрической детали без фланца [2. таб. 13].

Для материала АМцАМ  $m_1=0,46...0,58$ . Больше значение  $m_2$  соответствует

$$m_0 = 0,53 - 0,1 \left( \frac{90}{50} - 1 \right) \leq 0,45 \quad \Delta_1 = \frac{S_0}{D} 100 = 0,1, \text{ меньше}$$

значение -  $\Delta_1=2,0$ . Для нашего случая  $\Delta_1=0,85$ , поэтому коэффициент вытяжки необходимо определить методом интерполирования:

$$\frac{0,58 - 0,46}{2,0 - 0,1} = \frac{m_1 - 0,46}{2,0 - 0,85}$$

или

$$m_1 = \frac{(0,58 - 0,46)(2,0 - 0,85)}{2,0 - 0,1} + 0,46 = 0,53 .$$

Тогда

$$m_0 = 0,53 - 0,1 \left( \frac{90}{50} - 1 \right) \leq 0,45 .$$

Определим диаметр детали после 1-й операции вытяжки:

$$d_1 = m_\phi D = 0,45 \cdot 140,8 = 63,4 \text{ мм} .$$

Учитывая, что на второй операции вытяжки формоизменение должно выполняться за счет ранее вытянутой части детали, принимаем по табл. 13  $m_2=0,7...0,77$ . Для второй

$$\text{операции } m_0 = \frac{d_2}{m_2 D} = \frac{50}{0,77 \cdot 140,8} = 0,46$$

$$\Delta_2 = \frac{S_0}{d_1} 100 = \frac{1,2}{63,4} 100 = 1,89 .$$

Используя метод интерполирования, определим коэффициент вытяжки для второй операции:

$$m_2 = \frac{0,77 - 0,7 \cdot 1,89}{2,0 - 0,1} + 0,7 = 0,704 .$$

Диаметр детали после второй операции вытяжки  $d_2 = m_2 d_1 = 0,704 \cdot 63,4 = 44,6$ .

Поскольку  $d_2 < d_{\text{черт}}$ , принимаем  $d_2 = 50$  мм. Для создания более благоприятного режима деформирования на 1-й операции можно несколько увеличивать коэффициенты вытяжки.

Принимаем  $m_2 = 0,77$ , тогда

$$m_0 = \frac{d_2}{m_2 D} = \frac{50}{0,77 \cdot 140,8} = 0,46 \quad \text{и} \quad d_1 = m_\phi D = 0,46 \cdot 140,8 = 64,7$$

мм .

10. Определяем высоту детали после 1-й операции вытяжки по формуле, приведенной в табл. 49 [1]:

$$H_1 = 0,25 \frac{D^2}{d_1} - \frac{d_0^2}{d_1} + 3,44 r_1 = 0,25 \frac{140,8^2}{64,7} - \frac{90^2}{64,7} + 3,44 \cdot 10 = 53,8$$

Радиус закруглений рабочих кромок матрицы и пуансона на 1-й операции вытяжки принимаем по табл. 79 [1]:  $r_1 = 10$  мм; для второй операции вытяжки  $r_1 = 5$  мм.

После второй операции вытяжки  $H_2 = 60$  мм.

11. Производим расчет усилий вытяжки и прижима заготовки.

Формула для расчета усилия вытяжки на 1-й операции имеет вид [2]

$$F_2 = \frac{\pi}{4} m^2 \sigma_2 + 2r_n \frac{\pi}{4} m^2 \sigma_2 + 2 \cdot 25 \cdot 64,7 \cdot \sigma_a \lg \frac{1}{m_1}$$

где  $L$  - длина периметра сечения вертикальной стенки детали.

Для нашего случая

$$L = d_1 = 3,14 \cdot 64,7 = 203,2 \text{ мм} ;$$

$$F_1 = 1,6 \cdot 203,2 \cdot 1,2 \cdot 13,5 \cdot \lg \frac{1}{0,46} = 4080 \text{ кг} (\square \square 40,8 \text{ кН}).$$



Для второй операции вытяжки

$$P_2 = 0,9LS_0\sigma_a \left( \lg \frac{1}{m_1} + 2 \lg \frac{1}{m_2} \right),$$

$$P_2 = 0,9 \cdot 203,2 \cdot 1,2 \cdot 13,5 \left( \lg \frac{1}{0,46} + 2 \lg \frac{1}{0,77} \right) \approx 3804 \text{ кг} \quad (38,0$$

кН).

Усилие прижима рассчитываем в зависимости от площади заготовки (полуфабриката), находящейся под прижимом:

$$Q_1 = F_1 g,$$

$$\text{где } F_1 = \frac{\pi}{4} M^2 - G_1 + 2r_n^2 \frac{\pi}{4} m_1^2 - G_2 + 2 \cdot 5 \cdot 9 \approx 9930$$

мм<sup>2</sup>;

$g = 0,1 \text{ кг/мм}^2$  [2, табл. 18]. Таким образом

$$Q_1 = 9930 \cdot 0,1 = 993 \text{ кг} \quad (10 \text{ кН}).$$

Определим необходимость использования прижима на 2-й операции вытяжки. Согласно [1] прижим должен быть при

$$\Delta_2 = \frac{S_0}{d_1} 100 < 2,0 \quad \text{и} \quad m_2 = 0,7 \dots 0,8. \quad \text{Для нашего случая}$$

$$\Delta_2 = \frac{1,2}{64,7} 100 = 1,85 < 2,0 \quad \text{и} \quad m_2 = 0,77, \text{ поэтому в конструкции вытяжного}$$

штампа необходимо предусмотреть прижим.

$$Q_2 = F_2 g;$$

$$F_2 = \frac{\pi}{4} M^2 - G_2 + 2r_n^2 \frac{\pi}{4} m_2^2 - G_3 + 2 \cdot 5 \cdot 9 \approx 462,3 \text{ мм}^2;$$

$$Q_2 = 462,3 \cdot 0,1 = 46,2 \text{ кг} \quad (0,5 \text{ кН}).$$

Таким образом, для выполнения 1-й операции вытяжки усилие составит

$$P_1 = P_1 + Q_1 = 40,8 + 10 = 50,8 \text{ кН},$$

для второй операции вытяжки

$$P_2 = P_2 + Q_2 = 38 + 0,5 = 38,5 \text{ кН}.$$

12. Выбор прессов для выполнения операций вытяжки производим из тех же условий, которые перечислены в п. 8. Вместе с тем необходимо принять во внимание, что развиваемое усилие у кривошипных прессов при выполнении операций глубокой вытяжки зависит от угла поворота кривошипа, поэтому обычно

принимают  $P_{\text{пресса}}=2P$ .

Итак, требования для подбора пресса будут следующие:  
развиваемое усилие для 1-й операции вытяжки  $P_1=101,6$  кН;  
для 2-й операции -  $P_2=77$  кН;  
рабочий ход ползуна для  $h_{\text{пр}1}2,5H_1=2,553,8=134,5$  мм; для  
 $h_{\text{пр}2}2,5H_2$ ,  $h_{\text{пр}2}=2,560=150$  мм;  
закрытая высота штампа  $H_{\text{закр}}280...300$  мм ;  
габариты штампа в плане 350S400 мм.

По каталогу выбираем для обеих операций один и тот же пресс модели М80 с характеристиками:

усилие пресса  $P=80$  т (800 кН);  
ход ползуна  $h=150$  мм;  
усилие пневматического буфера  $Q_б=13,5$  т (135 кН);  
ход буфера  $h_б=75$  мм;  
закрытая высота пресса  $H_{\text{закр}}=430$  мм;  
размеры стола 945S685 мм.

13. Определим усилие одновременной обесечки фланца и пробивки отверстия 10 в штампе совмещенного действия:

$$P = \pi d_o S_o \sigma_n + \pi d_{\text{оа}} S_o \sigma_{\text{ср}} = 3,14 \cdot 90 \cdot 1,2 \cdot 8,0 + 3,14 \cdot 10 \cdot 1,2 \cdot 8,0 = 2713 + 301 = 3014,0$$

кг 30,2 кН,

Принимаем, что отход от обесечки фланца разрезается на ножах, а отход от пробивки отверстия удаляется на провал:

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} P n$$

где  $k_{\text{пр}}=0,1$  [1, с. 21];  $n=h/S_05$  (принимаем ориентировочно),  
 $P_{\text{пр}}=0,130,25=15,1$  кН.

Усилие снятия детали с пуансона и удаления ее из проема матрицы  
 $P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} P = 0,1530,2=4,53$  кН,

где  $k_{\text{сн}}=0,15$  [1, табл. 6].

Общее усилие для выполнения этой операции

$$P = 1,2(P + P_{\text{пр}} + P_{\text{сн}}) = 1,2(30,2 + 15,1 + 4,53) = 59,8 \text{ кН}$$

14. Для выполнения совмещенной операции обесечки фланца - пробивки отверстий используем ранее подобранный пресс М80, так как ход ползуна при этом должен быть не менее  $h=150$  мм.

15. Определяем усилие одновременной пробивки 4 отверстий на фланце 3,0 мм:

$$P = 4d_{\text{отп}} S_o \sigma_{\text{ср}} = 43,143,01,28,0362 \text{ кг (3,62 кН)}$$

Усилие снятия детали с пуансонов

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} P = 0,153,62 = 0,543 \text{ кН}$$

где  $k_{\text{сн}}=0,15$  [1, табл. 6].

Усилие проталкивания отходов на провал через матрицу составит  
 $P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} P_{\text{н}} = 0,13,625 = 1,81 \text{ кН}$ .

Общие усилие для выполнения этой операции  
 $P = 1,2(P + P_{\text{пр}} + P_{\text{сн}}) = 1,2(3,62 + 0,543 + 1,81) = 7,17 \text{ кН}$ .

16. Для выполнения операции пробивки отверстий используем пресс М80 по соображениям, приведенным в п. 14.

17. Разрабатываем развернутый техпроцесс с учетом вспомогательных и контрольных операций.

18. Оформляем как исключение (для примера) упрощенную карту технологического процесса с заполнением всех граф, кроме норм времени (см. приложение).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. - 6-е изд. - Л.: Машиностроение, 1979. - 520 с.
2. Пытьев П.Я., Смеляков Е.П. Технология листовой штамповки в производстве летательных аппаратов. - Куйбышев: КуАИ, 1984. - 80 с.
3. Единный тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих.



М экспертиза												ГОСТ 3.1105-84 Форма 13 а				
И нв.№ подл.		Подпись и дата		Взам. инв. №		И нв. № дубл.		Подпись и дата								
											№ черт. _____					
Номер	Наименование и содержание операции				Оборудование и приспособление (код, наименование, тип)		Инструменты или контрольно-измерительная аппаратура (код, наименование, тип)		К оэфф. штучного врем.	кол. руб.	Количество одно-рем. обраб. деталей	код тариф-сетки	Объем производств. партии	Т п.3		
ц е х а	у ч а с т к а	раб-ч ег о м е с т а	о п е р а ц и и					К од профес-сии	разр. раб.	Е д и н и ц а н о р м и р о в а н и я	к од в и д а н о р м ы			Т ш т		
			015	Нарезка листа на полосы		Гильотинн.ножницы		Линейка l= 1,0 м								
						Н -472, ГОСТ 6282-52										
			020	Снятие заусенцев с торцев полос		стол		напильник № 3								
				l = 6000 мм				78; лупа 4-крат								
			025	М аркировка		стол		молоток слесар.,								
								шриффт ПО-5								
			030	Контрольная: контроль сечения, размеров и состояния поверхности полос,		стол		Линейка l= 1,0 м								
				отсутствие заусенцев; правильность				М и крометр М К								
				маркировки				25-50, ГОСТ 6507-78;								
								лупа 4-крат								
													Лист			
		Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ док-ум.	Подпись	Дата

М экспертиза		ГОСТ 3.1105-84 форма 13 а													
И н в. № подл.	Подпись и дата	В зам. ин в. №	И н в. № дубл.	Подпись и дата											
					№ черт. _____										
Номер		Наименование и содержание операции		Оборудование и приспособление (код, наименование, тип)		Инструменты или контрольно-измерительная аппаратура (код, наименование, тип)		К оэфф. штучного врем.	ко л. руб.	Количе-ство однов-рем. об-раб. де-талей	код та-риф. сет-ки	Объем произв-одст-венн. партии	Тп.3		
ц е х а	у ч а с т к а	рабо-чего места	о п е р а ц и и					Код профес-сии	разр. раб.	Едини-ца норми-рования	код вида нор-мы				
												Т шт			
			035	Установка, отладка и снятие штампа	М .кран 5 т, пресс К-113;	Лом									
				штамп для вырубки		Гаечный ключ									
				заготовки-пробивки											
				отверстий											
			040	Вырубка заготовки - пробивка 4-	Пресс г-113;	Кисть									
				отверстий $\varnothing$ 3,2	Ш тап для вырубки	Пинцет									
					заготовки-пробив. отв.										
			045	Контрольная: контроль сечения и	Стол	Ш аблон развер.									
				размеров заготовок, состояния повер-		М икром. М К									
				ности, отсутствие заусенцев		Лупа 4- кратная									
													Лист		
	Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

М экспертиза												ГОСТ 3.1105-84 Форма 13 а					
Инв.№ подл.		Подпись и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подпись и дата									
												№ черт. _____					
№	ц	уч	раб	оп	№	Наименование и содержание операции	Оборудование и приспособление (код, наименование, тип)	Инструменты или контрольная измерительная аппаратура (код, наименование, тип)	Козфф. штучного врем.		Количество одноврем. обрабатываемых деталей	код тариф. сетки	Объем произведен. партии	Тп.3			
									Код профес-сии	разр. раб.					Единица нормирования	код вида нормы	Тшт
					050	М аркировка (на бирке)	М /плита	М олоток слес., шрифт ПО-5									
					055	Снятие заусенцев; скругление кромок R= 0,1-0,3 мм, l= 400 мм	Верстак	Напильник № 3 сверло ∅ 5,0 п/дрель									
					060	Установка, отладка и снятие штампа	М .кран 5 т; пресс ЭР-50 штамп для гибки дет.	Лом гаечные ключи									
					065	Гибка детали	Пресс ЭР-50; штамп гибочный	Кисть; пинцет									
														Лист			
						Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		