

УДК 621.983

Митичкина Н. Г.
Бут А. Ю.**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОБИВКИ ОТВЕРСТИЙ ПОД ОТВЕТВЛЕНИЯ
СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБОПРОВОДОВ В УСЛОВИЯХ
ОДНОПЕРЕХОДНОЙ ШТАМПОВКИ**

Соединительные элементы трубопроводов, такие как тройники, крестовины и т. д. – изделия, широко востребованные в различных отраслях промышленности. Изготовление таких изделий не отличается производительностью, так как содержит обычно два и более перехода. Одной из схем изготовления цельноштампованных тройников является последовательное выполнение операций формирования отвода на стенке трубной заготовки и последующее «раскрытие» торца отвода пробивкой или обрезкой [1, 2]. Не более производительна и схема, при которой сначала получают в трубной заготовке отверстие, а затем путем его отбортовки получают ответвление тройника [3]. В этом случае еще и сильно ограничена высота такого отвода из-за больших тангенциальных деформаций растяжения. Повышение производительности получения тройников осуществляется совмещением операций пробивки (сверления) и отбортовки [4, 5], однако на высоту отвода тройника это положительного влияния не оказывает.

Таким образом, существующие способы изготовления деталей типа тройников методами листовой штамповки имеют резервы интенсификации. Сокращение количества переходов ведет к повышению производительности, снижению трудоемкости процесса, что связано с приоритетными направлениями развития науки и техники. Поэтому совмещение всех операций оформления готового фитинга в одном переходе с получением при этом ответвления с высотой, регламентированной стандартами для этих изделий, является актуальной задачей.

Для совершенствования процесса получения цельноштампованных тройников авторами предложен способ, позволяющий за один переход получить относительную высоту отвода готового тройника $H/D = 0,9$ (где H – высота ответвления, D – диаметр магистрали). Способ совмещает операции вытяжки отвода в трубной заготовке, пробивки его дна и дальнейшего оформления его стенки [6, 7]. Повышение высоты тройника при однопереходной штамповке осуществляется путем преобразования некоторой части донной поверхности получаемого вытяжкой отвода в стенку готового ответвления тройника. Это может быть достигнуто путем пробивки в дне отвода отверстия диаметром, меньшим диаметра отвода и последующей отгибки его стенок. Данная операция по своей схеме и механизму сходна с операцией отбортовки, которая характеризуется высокими тангенциальными деформациями растяжения, поэтому качество получаемого отверстия в данном процессе играет немаловажную роль.

Для получения отверстий под отбортовку используют следующие процессы: сверление, резка, пробивка жестким инструментом либо эластичной средой. Предпочтение отдается сверленным отверстиям, так как они имеют высокую чистоту поверхности [8]. Однако в условиях штамповки внутренним давлением эластичной среды сверление тяжело совместить с операцией отбортовки в одном переходе, поэтому для совмещения был выбран процесс пробивки. Классический срез пробитого эластичной средой отверстия некачественный и может послужить причиной возникновения дефектов при дальнейшей отбортовке [9], поэтому в данных условиях важной задачей представляется повышение качества поверхности среза отверстия под отбортовку.

В новом способе изготовления фитингов пробивка осуществляется эластичным инструментом по пустотелому пробивному элементу с режущей кромкой конической формы. Такой элемент оснастки предложен в работах [10–13], а также [14]. Однако подобный способ

пробивки не применялся ранее для изготовления отверстия эластичной средой, поэтому требует исследования для уточнения технологических параметров (оптимального угла, необходимости подпора и т. д.).

Целью данной работы является экспериментальное исследование процесса пробивки отверстия эластичным наполнителем по жесткому пробивному элементу для определения оптимального угла конусности пробивного инструмента, наиболее благоприятного для дальнейшего оформления стенки готового ответвления.

Для достижения цели была проведена серия экспериментов по выбору оптимальной формы пробивного элемента.

Как известно, разделение материала при классической пробивке включает три основных стадии: упругую деформацию, пластическую деформацию и стадию скалывания [6]. Пробивка эластичной средой существенно отличается, так как происходит значительное утонение металла в зоне резания из-за втягивания металла заготовки в отверстие матрицы.

Достижение условий пробивки эластичной средой классическим способом в новом процессе штамповки тройников осуществлялось за счет применения плоского пробивного элемента и отсутствия подпора дна отвода (рис. 1, а). Под действием эластичного наполнителя происходило втягивание металла в отверстие пробивного элемента с последующим обрывом отхода.

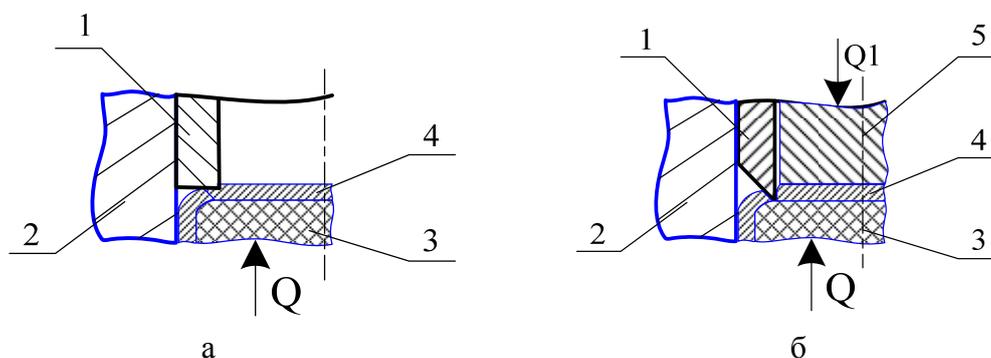


Рис. 1. Схема разделения металла при пробивке дна ответвления (а) – классическим способом – эластичной средой по жесткой матрице; (б) – клиновым пробивным элементом:

1 – пробивной элемент; 2 – контейнер; 3 – эластичный наполнитель; 4 – отход; 5 – подпор

При пробивке по способу [8, 9] (рис. 1, б) на дно отвода одновременно действовали подпор с одной стороны и эластичный наполнитель с другой, а пустотелый пробивной элемент с режущей кромкой конической формы внедрялся в металл, надвигающийся под действием эластичной среды, до полного отделения отхода.

В начальный момент пробивки отвода по новому способу [8, 9] под действием давления эластичного наполнителя и подпора заготовка сжимается, не прогибаясь под действием момента, как в классическом случае пробивки. Вблизи режущих кромок пробивного элемента происходит утонение поперечного сечения заготовки за счет внедрения пробивного элемента. Эластичный наполнитель вызывает некоторую утяжку материала в отверстие подпора, так как он подвижен, но создает противодействие Q_1 . В случае классической пробивки эластичной средой такая утяжка развивается вплоть до напряжений, вызывающих образование локальной шейки и обрыва.

В рассматриваемом случае подпор внутри пробивного элемента сдерживает растягивающие напряжения и меняет схему напряженно-деформированного состояния. Растягивающие меридиональные напряжения снижаются, увеличиваются нормальные сжимающие. В зоне пробивного элемента, играющего роль концентратора напряжений, интенсивность деформаций растет, вызывая отделение материала. Процесс отделения сходен с процессом резки ножом или лезвием замкнутого контура [15].

На рис. 2 представлена предполагаемая схема напряженно-деформированного состояния характерных участков заготовки при углублении клиновидного пробивного элемента в металл для рассматриваемого случая пробивки.

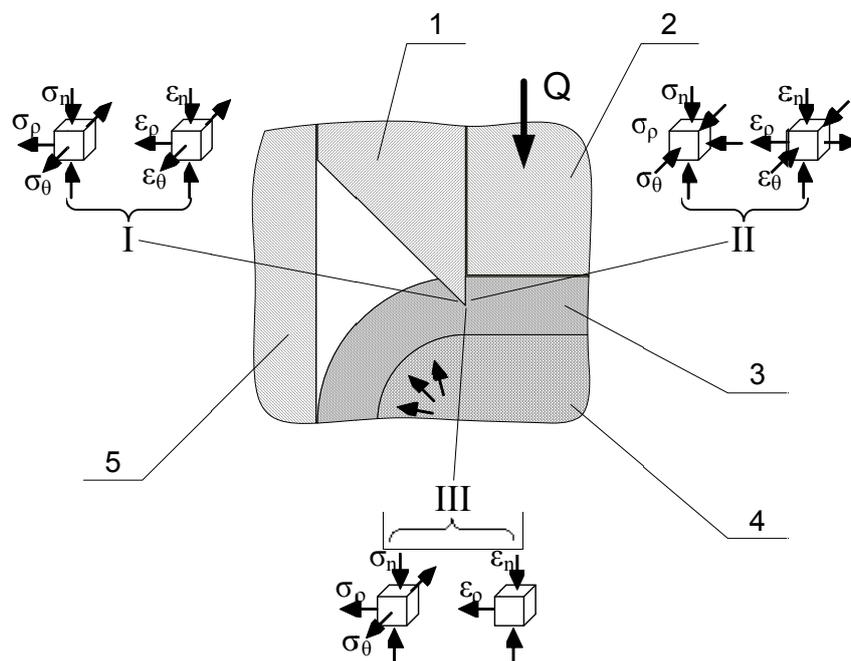


Рис. 2. Схема напряженно-деформированного состояния при внедрении клиновидного пробивного элемента замкнутого контура в металл (σ – напряжения; ε – деформации):

1 – клиновидный пробивной элемент; 2 – подпор; 3 – заготовка; 4 – эластичный наполнитель; 5 – контейнер

В результате проведенных экспериментальных исследований на трубных заготовках с наружным диаметром 20 мм из алюминия толщиной стенки 1 мм было выявлено, что полученное классическим способом (рис. 1) отверстие имеет утяжины, неровный срез, из-за отсутствия подпора отход получается вогнутый, с протянутыми заусенцами. Как результат, торец ответвления характеризуется некачественной поверхностью, а последующая отбортовка ведет к трещинообразованию. Кроме того, при использовании подобной схемы пробивки, выравнивание стенки ответвления в рамках одного перехода становится невозможным из-за препятствования плоской поверхности пробивного элемента отгибанию кольцевой части, идущей на образование отвода.

На рис. 3 представлены снимки отходных частей дна отвода, полученных в штампе за один технологический переход по новому способу.

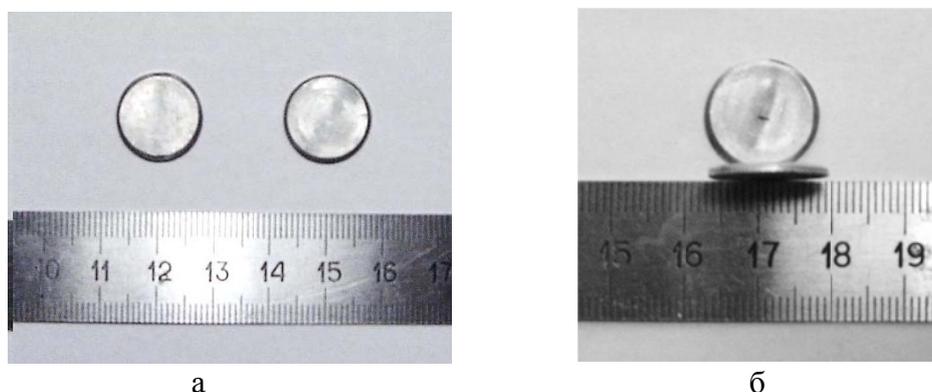


Рис. 3. Отходные части дна отвода, полученные по новому способу:
а – вид сверху; б – вид боковой поверхности

Боковая поверхность отхода, изображенная на рис. 4, имеет две характерные зоны.

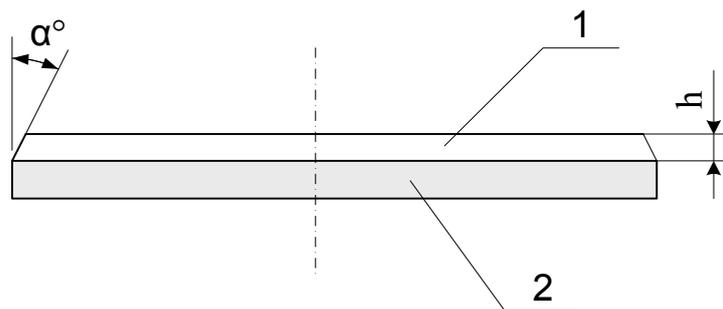


Рис. 4. Схема боковой поверхности отходной части дна отвода при пробивке клиновым пробивным элементом:

1 – зона утяжки; 2 – зона резания

Зона 1 – это так называемая зона утяжки. Она образуется в результате втягивания поверхностного слоя металла в полость пробивного элемента, когда подпор перемещается вглубь его. При этом величина угла α зависит от характера действия усилия противодействия, создаваемого торцевым подпором, а также от пластических свойств материала заготовки. Высота этой зоны зависит от угла заточки пробивного элемента: чем меньше этот угол и, соответственно, острее пробивной инструмент, тем раньше контактное напряжение под режущей кромкой достигает критического значения, при котором начинается непосредственно процесс резания и тем меньший объем металла успевает перейти в зону утяжки.

Зона 2 – это непосредственно зона резания, периметр которой представляет собой поверхность среза – характерный блестящий пояс.

С помощью инструментального микроскопа были выполнены замеры ширины блестящего пояса отходов дна отвода, полученных в результате пробивки при однопереходной штамповке тройников, с точностью 0,01 мм. Его ширина по окружности может несколько изменяться, поэтому замеры производилось в четырех точках по периметру каждого образца на четырех образцах, затем получили среднее значение.

При использовании пробивного элемента с углом 30° средняя ширина зоны резания составила 0,693 % от общей толщины отхода. Однако режущая кромка такого элемента быстро затуплялась.

Использование пробивного элемента с углом 60° оказалось неэффективным из-за большой утяжки материала. Ширина зоны резания составила в среднем 0,57 %.

Наиболее оптимальным из трех рассматриваемых оказался пробивной элемент с углом 45° . Он обладал высокой стойкостью и образцы, полученные с его использованием, имели среднюю ширину блестящего пояса 0,685 %, что практически соответствует показателям элемента с углом 30° .

ВЫВОДЫ

В рамках данной работы изучены особенности процесса пробивки дна отвода в условиях получения тройников в штампе за один технологический переход с целью определения геометрии пробивного инструмента и наиболее благоприятной схемы пробивки дна для дальнейшего оформления стенки готового ответвления.

В результате проведенных исследований было выявлено следующее.

Классическая пробивка эластичной средой в случае однопереходной штамповки тройников не уместна, так как дает неровную поверхность среза с утяжинами, зоной скола и микротрещинами, которые служат концентраторами напряжений при дальнейшей отгибке, а также не позволяет производить отгибку дна отвода.

Срез отхода после пробивки по новому способу состоит из 2 зон: зоны утяжки и зоны пластической деформации (резания), причем утяжка характеризует растягивающие деформации в зоне реза и зависит от угла заточки инструмента и усилия подпора.

Зоны скола на поверхности среза не наблюдается, получаемая поверхность среза является ровной и достаточно гладкой, что создает благоприятные условия для последующего процесса отгибки.

Для практического применения в условиях однопереходной штамповки фитингов по описанному способу может быть рекомендован угол заточки пробивного элемента 45° . Инструмент с такой заточкой имеет больший срок службы, чем с углом 30° и позволяет получать ответвления с $H/D = 0,9$ и значительной высотой зоны среза – 68 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эрбейгель С. А. *Исследование, разработка и внедрение процессов формообразования унифицированных элементов трубопроводных систем летательных аппаратов эластичной средой на универсальных гидропрессах* : дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук / С. А. Эрбейгель. – Харьков, 1986. – 154 с.
2. Пат. 67486, Россия, МПК В21С 37/29 (2006.01). *Устройство для формообразования тройников* / Попов И. Н., Маслов В. Д., Антропов В. В.; заяв. 21.05.2007; опублик. 27.10.2007. – 2 с.
3. Заявка 10 2004 028 078.9. Германия, МПК В21D 26/02(2006.01), В21D 31/02(2006.01), В21С 37/29(2006.01). *Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Ausbilden eines Kragenabschnitts an einem Werkstück*; заяв. 09.06.2004; опублик. 05.01.2006.
4. Аверкиев Ю. А. *Технология холодной штамповки* / Ю. А. Аверкиев, А. Ю. Аверкиев. – М. : Машиностроение, 1989. – С. 191–192.
5. Сайт компании T-Drill [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.t-drill.fi>.
6. Митичкина Н. Г. *Совершенствование процесса формообразования элементов трубопроводов* / Н. Г. Митичкина, А. Ю. Бут // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. – Алчевск, 2010. – № 30. – С. 194–201.
7. Митичкина Н. Г. *Совершенствование процесса формообразования тройников эластичной средой* / Н. Г. Митичкина, А. Ю. Бут // *Обработка материалов давлением* : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2010. – № 3 (24). – С. 112–117.
8. Зубцов М. Е. *Листовая штамповка* / М. Е. Зубцов. – [изд. 2-е, доп. и перераб.]. – Л. : Машиностроение, 1967. – 504 с.: ил.
9. Попов Е. А. *Технология и автоматизация листовой штамповки* / Е. А. Попов, В. Г. Ковалев, И. Н. Шубин. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. – 480 с.: ил.
10. А. с. 1074632, СССР, В 21 D 37/00, В 21 D 35/00. *Штамп совмещенного действия для образования отверстия и отбортовки* / В. Ф. Шевченко. – № 709218; заяв. 29.10.82; опублик. 23.02.84, Бюл. № 7. – 3 с.
11. А. с. 1258566, СССР, В 21 D 37/00, В 21 D 35/00. *Штамп совмещенного действия для пробивки и отбортовки* / В. Ф. Шевченко. – № 1074632; заяв. 10.04.85; опублик. 23.09.86, Бюл. № 35. – 3 с.
12. А. с. 1260072, СССР, В 21 D 37/00, В 21 D 35/00. *Штамп совмещенного действия* / В. Ф. Шевченко. – № 1074632; заяв. 15.03.85; опублик. 30.09.86, Бюл. № 36. – 2 с.
13. А. с. 1423230, СССР, В 21 D 37/00, В 21 D 35/00. *Штамп совмещенного действия* / В. Ф. Шевченко. – № 1074632; заяв. 16.02.87; опублик. 15.09.88, Бюл. № 34. – 3 с.
14. Митичкина Н. Г. *Совершенствование процесса отбортовки внутреннего контура расширенного диапазона высот* : дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук / Н. Г. Митичкина. – Краматорск, 2001.
15. Резник Н. Е. *Теория резания и основы расчета режущих аппаратов* / Н. Е. Резник. – М. : Машиностроение, 1975. – 311 с.

Митичкина Н. Г. – канд. техн. наук, доц. ДонГТУ;

Бут А. Ю. – аспирант ДонГТУ.

ДонГТУ – Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск.

E-mail: nmitichkina@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 22.12.2011 г.