

МИТИЧКИНА Н. Г. канд. техн. наук, доц., ДонГТУ, Алчевск
БУТ А. Ю. аспирант кафедры ОМД и М ДонГТУ, Алчевск

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ ПОД ОФОРМЛЕНИЕ ОТВЕТВЛЕНИЙ ТРУБ

Рассмотрены особенности процесса получения отверстий под оформление ответвлений труб в условиях однопереходной штамповки тройников путем совмещения в одном технологическом переходе операций формирования ответвления, пробивки его дна и выравнивания его стенки.

Розглянуті особливості процесу отримання отворів під оформлення відгалужень труб в умовах одноперехідного штампування трійників шляхом суміщення в одному технологічному переході операцій формування відгалуження пробивання його дна та вирівнювання стінки відгалуження.

Features of process of reception of bores under registration from-branching tubes in the conditions of one-transitive punching of T-connectors by combination in one technological transition of operations of formation of branch, a punched hole of its bottom and alignment of a wall of branch are considered.

В различных отраслях промышленности широко применяются соединительные элементы трубопроводов. Изготовление таких изделий сопряжено с определенными трудностями, связанными с низкой производительностью процессов и ограниченной высотой отводов. Одним из этапов изготовления полых цельноштампованных изделий типа тройников, крестовин и прочих, является получение ответвления на стенке трубной заготовки. Он включает такие обязательные операции, как непосредственно формирование отвода и оформление его торца путем образования отверстия.

Существуют две основные схемы получения ответвления, различающиеся порядком выполнения вышеуказанных операций. Первая схема включает формирование отвода на стенке трубной заготовки и последующее «раскрытие» его торца путём пробивки либо обрезки [1, 2]. Вторая - предусматривает обратный порядок операций: сначала в стенке заготовки сверлением или пробивкой образуют отверстие, а затем путём его отбортовки получают ответвление на изделии [3]. Каждая из схем обладает своими преимуществами и недостатками. Вместе с тем, любая из них малопроизводительна, так как включает несколько технологических переходов. Известны также устройства, позволяющие получать готовое ответвление на стенке трубы за один переход [4, 5], однако высота ответвлений, получаемых подобным способом, сильно ограничена.

Таким образом, существующие способы изготовления деталей типа тройников методами листовой штамповки имеют резервы интенсификации. Сокращение количества переходов ведет к уменьшению энергозатрат, 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 повышения высоты отвода при однопереходной штамповке тройников авторами было предложено решение о преобразовании некоторой части донной поверхности получаемого вытяжкой отвода в стенку готового ответвления тройника. Это может быть достигнуто путём 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 жёстким инструментом либо эластичной средой. Предпочтение отдаётся сверленным отверстиям, так как они имеют высокую чистоту поверхности [6]. 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 [7], поэтому в данных условиях важной задачей представляется повышение качества поверхности среза отверстия под отбортовку.

Авторами разработан новый способ изготовления цельноштампованных фитингов, который позволяет получать готовый тройник за один технологический переход с высотой отводов в среднем $H/D = 0,9$ [8, 9]. Он основан на совмещении операции вытяжки отвода и окончательного оформления торца ответвления путём пробивки дна отвода и отгибки пробитого контура. Экспериментальное опробование способа выявило ряд характерных особенностей его протекания, которые требуют более детального изучения с целью дальнейшего совершенствования.

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.

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

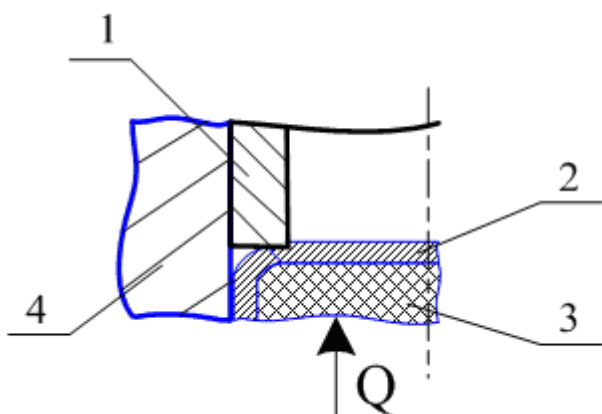


Рис. 1. Схема разделения металла классическим способом при пробивке эластичной средой, начало процесса:

1. Пробивной элемент; 2. Отход;
3. Эластичный наполнитель;
4. Контейнер

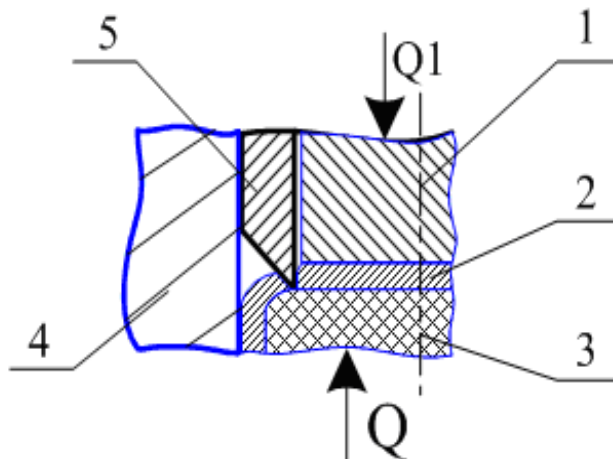


Рис. 2. Схема процесса разделения материала при пробивке клиновым пробивным элементом: 1. Подпор; 2. Отход; 3. Эластичный наполнитель; 4. Контейнер; 5. Пробивной элемент

При пробивке по способу [8, 9] (рис. 2) на дно отвода одновременно действуют подпор с одной стороны и эластичный наполнитель с другой, а пустотелый пробивной элемент с режущей кромкой конической формы внедряется 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]

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.

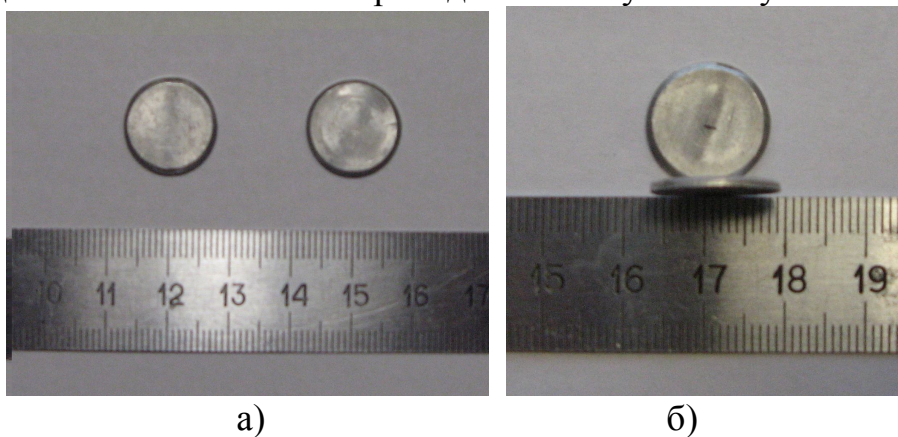


Рис. 3. Отходные части дна отвода, полученные по новому способу:
а - вид сверху; б - вид боковой поверхности

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

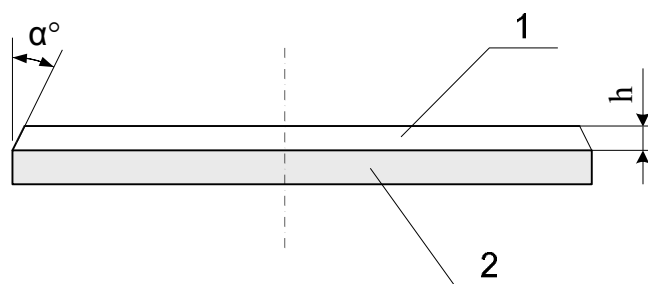


Рис. 4. Схема боковой поверхности отходной части дна отвода при пробивке клиновым пробивным элементом:

1. Зона утяжки; 2. Зона резания

Зона 1 – это так называемая зона утяжки. Она образуется в результате стягивания 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 трёх 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 саму однопереходную штамповку.

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 $H/D = 0,9$ (где H – высота ответвления, D – диаметр магистрали) и значительной высотой зоны среза – 68 %.

Список литературы: 1. Эрбейгель С. А. Исследование, разработка и внедрение процессов формообразования унифицированных элементов трубопроводных систем летательных аппаратов эластичной средой на универсальных гидропрессах. Диссертация на соискание учёной степени кандидат технических наук. Харьков, 1986. 2. Устройство для формообразования тройников. Пат. 67486, Россия, МПК В21С 37/29 (2006.01). / Попов И. Н., Маслов В. Д., Антропов В. В. Заявлено 21.05.2007., опубликовано 27.10.2007. – 2 с. 3. *Bezeichnung*: Verfahren und Vorrichtung zum Ausbilden eines Kragenabschnitts an einem Werkstück. Заявка 10 2004 028 078.9. Германия, МПК В21D 26/02(2006.01), В21D 31/02(2006.01), В21С 37/29(2006.01). Заявлено 09.06.2004. Опубликовано 05.01.2006. 4. Аверкиев Ю. А., Аверкиев А. Ю. Технология холодной штамповки. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с. (с. 191-192). 5. Сайт компании T-Drill. [электронный ресурс] URL: <http://www.t-drill.fi> . 6. Зубцов М. Е. Листовая штамповка, изд. 2-ое, доп. и перераб. / Зубцов М. Е. – Л.: Машиностроение, 1967. – 504 с.: ил. 7. Попов Е. А. Технология и автоматизация листовой штамповки / Попов Е. А., Ковалев В. Г., Шубин И. Н. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003.-480 с.: ил. 8. Митичкина Н. Г., Бут А. Ю. Совершенствование процесса формообразования элементов трубопроводов // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. – Алчевск 2010. вып. № 30. – С. 194 – 201. 9. Митичкина Н. Г., Бут А. Ю. Совершенствование процесса формообразования тройников эластичной средой // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов. – Краматорск 2010. – вып. № 3 (24). – С. 112 – 117. 10. Штамп совмещенного действия для образования отверстия и отбортовки. А. с. 1074632, СССР, В 21 D 37/00, В 21 D 35/00. / В. Ф. Шевченко, № 709218. Заявлено 29.10.82, опубликовано 23.02.84. Бюл. № 7. – 3 с. 11. Штамп совмещенного действия для пробивки и отбортовки. А. с. 1258566, СССР, В 21 D 37/00, В 21 D 35/00. / В. Ф. Шевченко, № 1074632. Заявлено 10.04.85, опубликовано 23.09.86. Бюл. № 35. – 3 с. 12. Штамп совмещенного действия. А. с. 1260072, СССР, В 21 D 37/00, В 21 D 35/00. / В. Ф. Шевченко, № 1074632. Заявлено 15.03.85, опубликовано 30.09.86. Бюл. № 36. – 2 с. 13. Штамп совмещенного действия. А. с. 1423230, СССР, В 21 D 37/00, В 21 D 35/00. / В. Ф. Шевченко, № 1074632. Заявлено 16.02.87, опубликовано 15.09.88. Бюл. № 34. – 3 с. 14. Митичкина Н. Г. Совершенствование процесса отбортовки внутреннего контура расширенного диапазона высот. Диссертация на соискание учёной степени кандидат технических наук. Краматорск, 2001. 15. Резник Н. Е. Теория резания и основы расчета режущих аппаратов. – М.: Машиностроение, 1975. – 311 с.