

УДК 621.7

С. А. Смертин, В. Д. Перевощиков

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОНКОСТЕННЫХ КРУТОИЗОГНУТЫХ ТРУБ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ МЕТОДОМ ЭГИШ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ГИБКОЙ

В статье представлены наиболее часто встречающиеся из существующих способов изготовления тонкостенных крутоизогнутых труб прямоугольного профиля, проведен анализ данных способов, выявлены их недостатки, описан предлагаемый вариант изготовления тонкостенных крутоизогнутых деталей сочетанием методов предварительного статического деформирования в полуматрицах и окончательной электрогидроимпульсной штамповки прямоугольного профиля в поперечном сечении заготовки. Также приводятся результаты сравнения эффективности использования наполнителей для избежания потери устойчивости стенки трубы во время операции гибки и анализ деформационной способности материалов, приводятся результаты измерения толщинной деформации заготовки на первых этапах предлагаемой технологии. В статье также приведены анализ состояния заготовки перед операцией окончательного формообразования методом электрогидроимпульсной штамповки, схема проведения данной операции, описание конструкции технологической оснастки.

Ключевые слова: тонкостенные крутоизогнутые трубы, предварительное и окончательное формообразование, электрогидроимпульсная штамповка.

В машиностроительной отрасли представляют интерес к совершенствованию технологические процессы изготовления тонкостенных патрубков, отводов и других деталей подобного профиля, особенно с малым радиусомгиба. Применение таких деталей в авиастроении, машиностроении, химической и нефтеперерабатывающей отраслях обусловлено высокими показателями прочности в сочетании с легким весом.

Существенным параметром при изготовлении тонкостенных изогнутых деталей является радиусгиба, при малом значении которого возникают трудно-

Технические науки

сти, связанные с деформационной способностью материалов деталей, особенно при изготовлении деталей, профиль поперечного сечения которых отличается от круглого. Часто при изготовлении таких деталей возникают разрывы, либо недопустимые утонения стенки на участке наружного радиуса изгиба. При таких утонениях стенки нарушается требование к герметичности тонкостенного изделия, работающего под давлением.

Существующие способы производства тонкостенных изогнутых труб прямоугольного профиля можно разделить на две группы:

Первая группа включает способы изготовления тонкостенных изделий сварной конструкции. Технологический процесс состоит из операций резки листовой заготовки, гибки, сверления отверстий. Завершающим этапом обработки является сварка аргоном стыковых поверхностей изделия.

Другой способ изготовления тонкостенных изделий в этой группе основан на вытяжке частей деталей из листовой заготовки, которая может выполняться в жестких штампах, с использованием эластичного пуансона, матрицы, или методом электрогидроимпульсной штамповки (ЭГИШ) (рис. 1) [1]. При этом плоскость осевого сечения изделия является плоскостью стыка

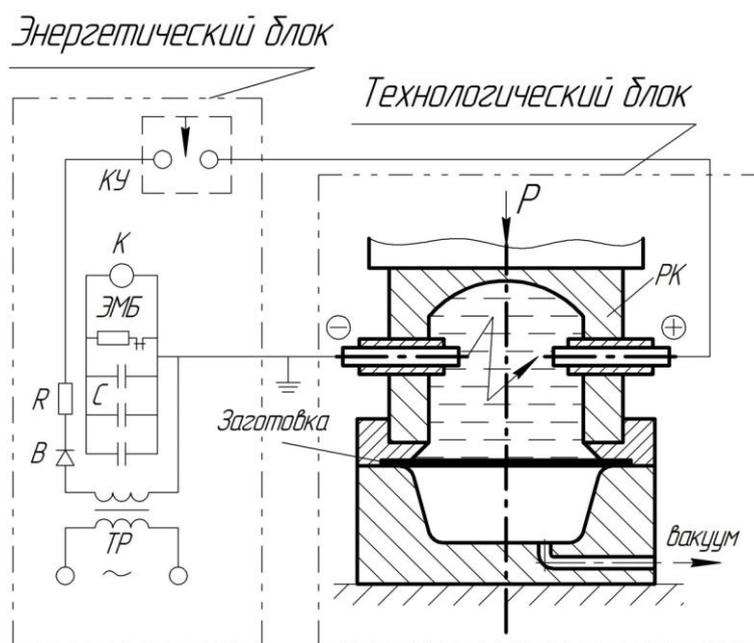


Рис. 1. Схема установки для ЭГИШ: ТР – высоковольтный трансформатор; В – высоковольтный выпрямитель; С – батарея высоковольтных конденсаторов;

Технические науки

К – киловольтметр; ЭМБ – электромеханическая блокировка; R – сопротивление;
КУ – коммутирующее устройство; РК – разрядная камера; частей деталей.

Далее выполняется операция обрезки фланцев, после чего части деталей стыкуются по осевому сечению изделия и свариваются (рис. 2).

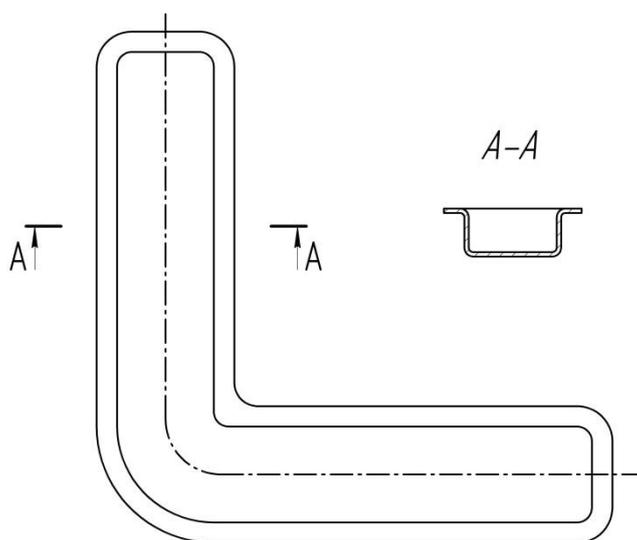


Рис. 2. Эскиз части заготовки тонкостенной детали

Данные способы изготовления деталей отличаются трудоемкостью сварочной операции, в ходе которой сложно достичь герметичности изделия. Кроме того, качество таких деталей существенно зависит от квалификации сварщика.

Вторая группа способов основана на получении цельных конструкций из стандартных труб прямоугольного, либо круглого поперечного сечения.

В производстве часто встречается способ гибки прямоугольных труб путем нагрева в областигиба последовательно размещенных участков внешней грани трубы, начиная с ее края [2]. Приложение усилий к участкам трубы вне области изгиба производят после очередного нагрева, а для придания трубе требуемой формы изгиба используют массивную оправку, размещенную со стороны внутренней грани. Усилия прикладывают к свободным концам трубы.

К недостаткам данного способа можно отнести трудность получения малого внутреннего радиусагиба трубы, а также трудность обеспечения точности размеров поперечного сечения.

Технические науки

Во время операции гибки тонкостенной трубы на малый радиус необходимо избежать потери устойчивости стенки трубы – образование гофр, складок либо овальности поперечного сечения. Для этого нужно создать такую схему напряженного состояния трубы, при которой внутренние напряжения, возникающие при гибке, уравнивались бы давлением наполнителя, находящегося внутри трубы. Для наполнения труб применяются жидкостные, сыпучие и легкоплавкие материалы. В настоящее время в практике находят применение такие наполнители, как песок, воск, свинец, канифоль, лед.

Одним из известных способов гибки с наполнителем является гибка труб в жестких полуматрицах [3]. Сначала заготовка размещается в штампе, далее внутри ее создается давление за счет заполнения наполнителем и прикладываются с обоих торцов трубной заготовки сжимающие осевые нагрузки, после чего осуществляется сдвиг деформирующим пуансоном участка заготовки в направлении, перпендикулярном ее оси с получением отформованного участка.

При использовании такого способа возникают трудности, связанные с реализацией силового нагружения заготовки в четырех направлениях, что требует использования сложного и дорогостоящего оборудования, а необходимость создания высокого гидростатического давления на внутреннюю поверхность заготовки вызывает проблемы надежного уплотнения ее торцев.

Ввиду сложности, а в некоторых случаях невозможности применения приведенных способов изготовления тонкостенных прямоугольных труб, наиболее эффективно использовать в качестве заготовки для операции окончательного формообразования круглую трубу, загнутую на требуемый угол.

Предлагаемый вариант изготовления тонкостенных крутоизогнутых деталей прямоугольного профиля является сочетанием методов статического и импульсного деформирования. На первом этапе данной технологии труба круглого поперечного сечения загибается с помощью трубогиба на угол 90 градусов. Далее в жестких полуматрицах осуществляется предварительное статическое деформирование заготовки, и окончательным этапом является электрогидроимпульсная

Технические науки

штамповка (ЭГИШ) прямоугольного профиля поперечного сечения. В качестве исходных заготовок использовались медные и латунные трубы марок соответственно М1 и Л68. Перед гибкой трубы заполнялись песком или канифолью.

При радиусегиба $R = 8$ мм песок как наполнитель не обеспечивает необходимого давления подпора, в результате теряется устойчивость стенок медной и латунной труб. При заполнении канифолью устойчивость сохраняется, но на стенке наружного радиуса медной трубы получается разрыв.

Латунная труба марки Л68 гнется на радиус $R = 8$ мм без видимых разрывов и потери устойчивости, что подтверждает практическую возможность получения полуфабрикатов данным способом [4].

После гибки полуфабрикаты 1 подвергаются предварительному деформированию в полуматрицах 2, в результате поперечное сечение заготовки 3 принимает форму, близкую к форме матрицы (рис. 3). Окончательное формообразование предполагается производить методом ЭГИШ с получением прямоугольного профиля, соответствующего профилю матрицы.

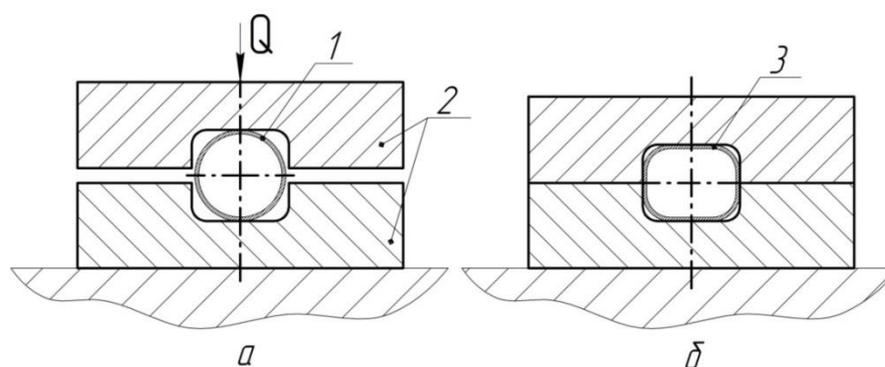


Рис. 3. Схема предварительного деформирования
а – начальное положение; б – конечное положение

Технические науки

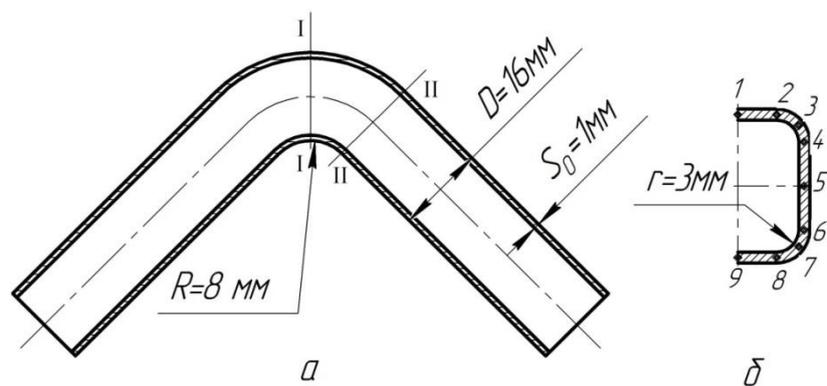


Рис. 4. Сечения (а) и точки измерения (б) толщины стенки предварительно деформированных труб

Таблица 1

**Результаты измерений толщины стенок
предварительно деформированных труб**

№ точ ки	Л68				М1			
	Сечение I - I		Сечение II - II		Сечение I - I		Сечение II - II	
	S, мм	$\Delta S = S - S_0 , \text{мм}$	S, мм	$\Delta S, \text{мм}$	S, мм	$\Delta S, \text{мм}$	S, мм	$\Delta S, \text{мм}$
1	0,9	0,1	0,8	0,2	0,85	0,15	0,8	0,2
2	0,85	0,15	0,85	0,15	0,8	0,2	0,9	0,1
3	0,9	0,1	0,9	0,1	0,85	0,15	0,9	0,1
4	0,85	0,15	0,9	0,1	0,85	0,15	0,95	0,05

Согласно результатов измерений (таблица 1), наибольшие значения утонений наблюдаются в точках на стенке внешнего радиуса, а также в точках перехода стенки внешнего радиуса закругления трубы в радиус закругления боковой стенки (рисунок 4 а,б) и составляют 15...20 % от исходной толщины. Запас деформационной способности рассматриваемых материалов труб позволяет использовать полученные полуфабрикаты для завершающей операции ЭГИШ, которую предлагается выполнять по схеме, изображенной на рисунке 5.

Технические науки

Технологическая оснастка для ЭГИШ (рис. 5) состоит из полуматриц 1,2, которые центрируются двумя штифтами 3. Внутренняя полость П между полуматрицами является рабочей зоной устройства. Полуматрицы устанавливаются на основание 4 с упорами 5 и базирующими упорами 6. В резьбовые отверстия упоров 5 вкручиваются болты 7 с положительным и отрицательным электродами 8 и изоляторами 9. Для герметизации полости П торцы заготовки уплотняются прокладками 10.

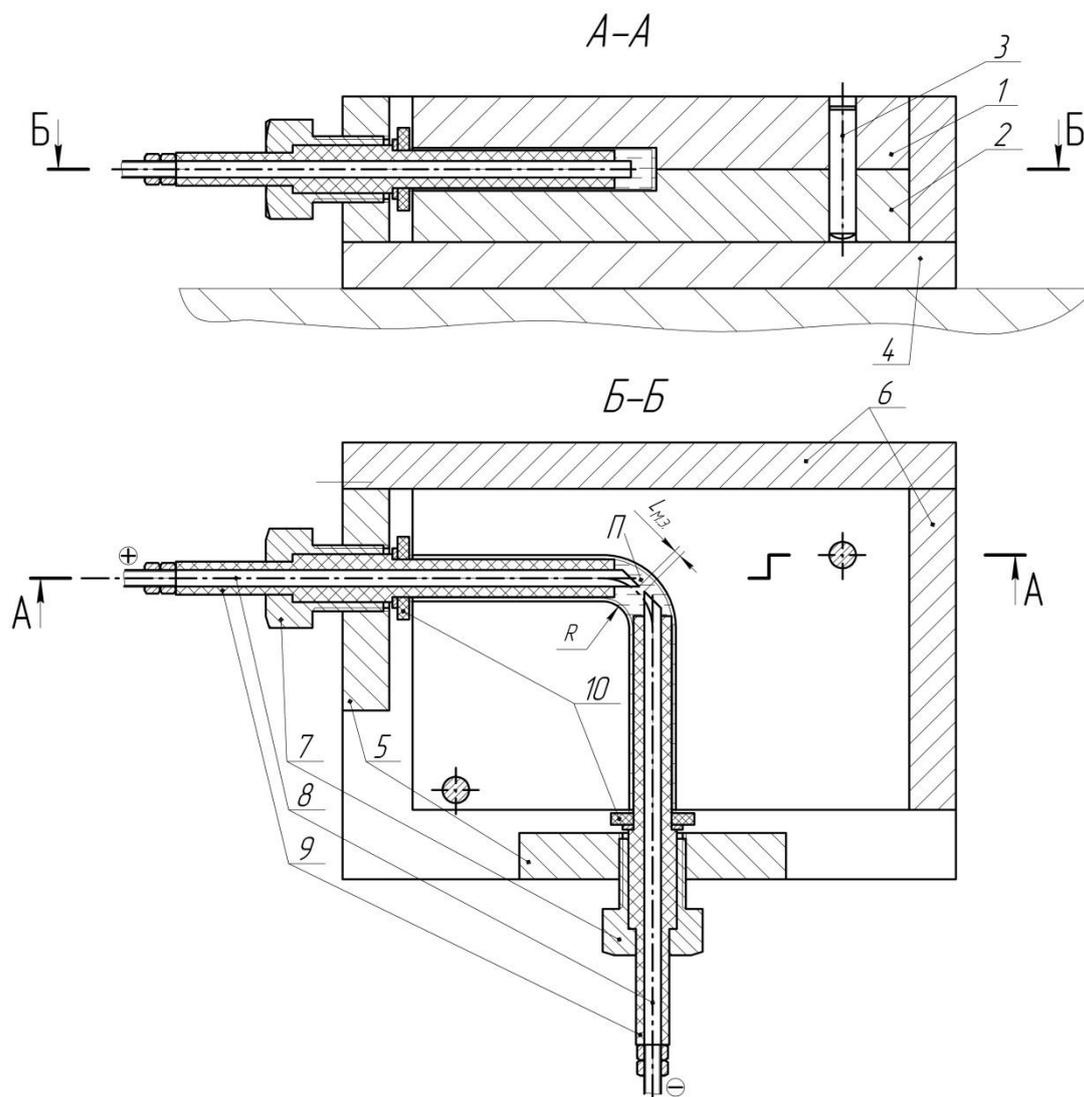


Рис. 5. Схема ЭГИШ детали «Корпус»

Список литературы

1. Ляпин Ю. И. Технологические возможности листовой штамповки подвижными средами. – Киров : РИО ВятГУ, 1995. – 32 с.

Технические науки

2. Пат. 2378072 Российская Федерация, МПК⁵¹ В 21D 9/00. Способ гибки профильных прямоугольных труб / Казенкин М. П.; заявитель и патентообладатель Казенкин М. П. – № 2008138507/02; заявл. 29.09.2008; опубл. 10.01.2010, бюл. № 1.

3. Пат. 02368445 Российская Федерация, МПК⁵¹ В 21 D 9/15. Способ изготовления гнутых изделий / Матвеев А. .; заявитель и патентообладатель ОАО «Науч.-произв. об-е «Сатурн» – № 2008106739/02; заявл. 21.02.2008; опубл. 27.09.2009, бюл. № 27

4. Смертин С. А., Земцов М. И. Анализ возможности изготовления полуфабрикатов – тонкостенных труб, загнутых на требуемый угол // Материалы Всерос. науч.- практ. конф. «Общество, наука, инновации» (НПК – 2014) [Электронный ресурс]. Секция ФАМ: 14–25 апреля 2014 г. : сб. материалов / Вятский государственный университет. – Киров, 2014. – Электронный оптический диск (CD-ROM). – (Секция ТХОМ, ст. 3).

СМЕРТИН Станислав Александрович – магистрант кафедры технологии машиностроения, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: stassmertin@rambler.ru

ПЕРЕВОЩИКОВ Владимир Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: usr00304@vyatsu.ru