

УДК 621.98.044

***ВЫБОР СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗОГНУТЫХ ТОНКОСТЕННЫХ  
ДЕТАЛЕЙ СО СЛОЖНЫМ ПРОФИЛЕМ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ***

***Смертин С.А.***

*ассистент,*

*Вятский государственный университет,*

*Россия, Киров*

***Земцов М.И.***

*к.т.н., доцент,*

*Вятский государственный университет,*

*Россия, Киров*

***Егоян А.А.***

*магистрант,*

*Вятский государственный университет,*

*Россия, Киров*

**Аннотация**

В статье рассматриваются способы изготовления тонкостенных деталей сложной формы, приводятся рекомендации по их выбору, предлагается способ, позволяющий изготавливать изделия повышенного качества.

**Ключевые слова:** способ, деформация, формообразование, гибка, штамповка, сечение.

***CHOICE OF A METHOD OF PRODUCTION OF BENT THIN-WALLED  
DETAILS WITH INTRICATE SHAPE OF CROSS SECTION***

***Smertin S.A.***

*assistant,*

*Vyatka State University,  
Russia, Kirov*

***Zemtsov M.I.***

*c.t.s., associate professor,  
Vyatka State University,  
Russia, Kirov*

***Egoyan A.A.***

*Graduate student,  
Vyatka State University,  
Russia, Kirov*

### **Annotation**

The article considers methods of production of thin-walled details with intricate shape, gives recommendations on their choice, offers a method allowing production of a product of a higher quality.

**Key words:** method, deformation, shaping, bending, stamping, section.

В машиностроительной отрасли представляют интерес технологические процессы изготовления тонкостенных патрубков, отводов и других изогнутых деталей сложного профиля, особенно с малым радиусом гиба. Применение таких деталей в авиастроении, машиностроении, химической и нефтеперерабатывающей отраслях обусловлено высокими показателями их прочности в сочетании с малым весом.

При изготовлении данных деталей возникают трудности, вызванные ограниченными технологическими возможностями существующих методов листовой штамповки и ограниченными пластическими свойствами листовых металлических материалов.

Существенным параметром при изготовлении подобных деталей является радиус гиба, при малом значении которого возникают проблемы, связанные с деформационной способностью материала, особенно при изготовлении деталей, профиль поперечного сечения которых отличается от круглого. Часто при изготовлении таких деталей возникают разрывы или недопустимые утонения стенки на участке наружного радиуса изгиба. При таких утонениях нарушается требование к герметичности тонкостенного изделия, работающего, в частности, под давлением.

Данные проблемы обычно решаются увеличением количества технологических операций или переходов, введением дополнительных промежуточных отжигов, использованием ручного труда. Все это приводит к увеличению трудоемкости изготовления деталей.

Замена одного из формообразующих элементов подвижной средой при штамповке тонкостенных деталей сложной формы позволяет в значительной степени устранить данные недостатки.

Для условий мелкосерийного и серийного производства целесообразно рассмотреть возможность применения методов листовой штамповки, использующих в качестве одного из формообразующих элементов такие подвижные среды, как жидкость, газ, эластичную среду, импульсное магнитное поле. Общими преимуществами данных методов являются простота технологической оснастки, малые сроки подготовки производства, высокое качество поверхности штампуемых деталей, возможность получения деталей сложной формы, быстрая переналаживаемость.

Развитие обработки металлов давлением (ОМД) зачастую сопровождается заменой традиционных способов и технологий нетрадиционными. Это связано, в частности, с необходимостью изготовления деталей сложной геометрической формы, когда применить традиционные способы обработки невозможно или весьма трудоемко. К деталям такой формы можно отнести крутоизогнутые полые тонкостенные изделия.

В продольном направлении данные изделия подразделяются на двухколенные и многоколенные (рис. 1).

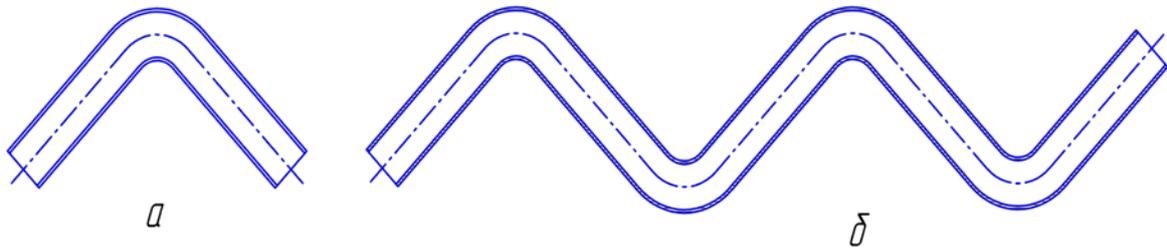


Рис. 1. Форма крутоизогнутых тонкостенных изделий в продольном направлении: а - двухколенная, б – многоколенная

В поперечном сечении рассматриваемые изделия могут быть одинаковой формы профиля по всей длине (рис. 2) либо различаться формой профиля на части длины изделия, например, в зоне радиуса изгиба (рис. 3).

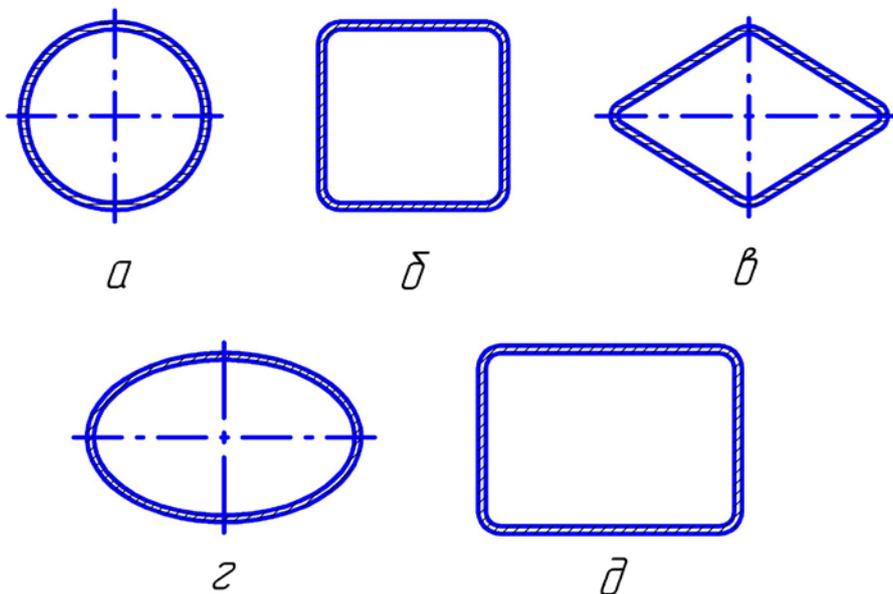


Рис. 2. Возможные профили тонкостенных изделий в поперечном сечении

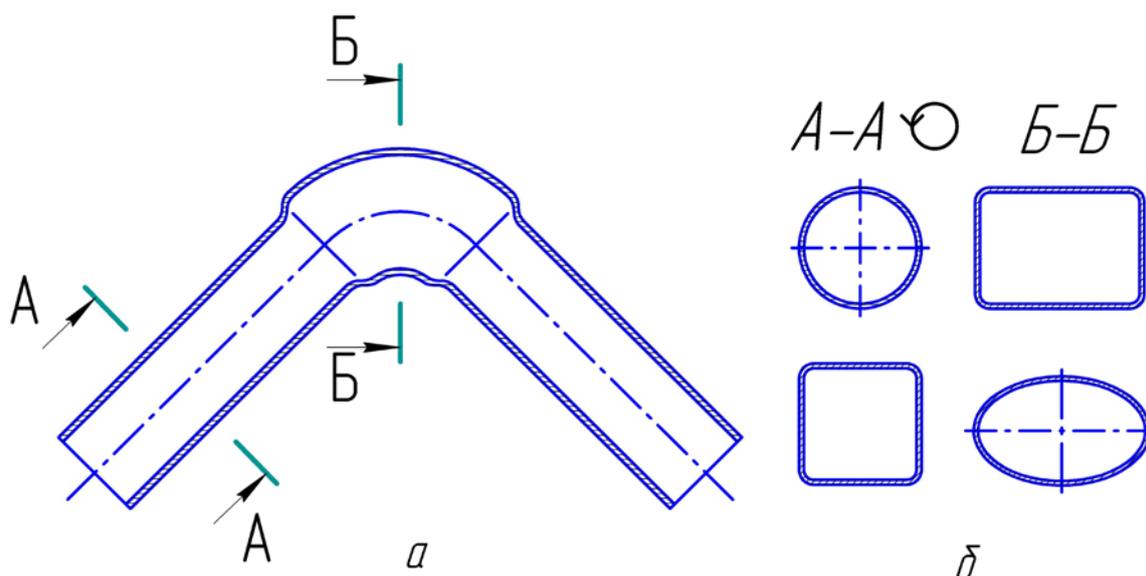


Рис. 3. Тонкостенное изделие с различным по длине профилем  
 а – продольное сечение, б – варианты поперечных сечений

Тонкостенные крутоизогнутые изделия возможно изготавливать несколькими способами, каждый из которых имеет ряд преимуществ и недостатков. Выбор способа зависит от геометрической формы, размеров и материала изделия. В большинстве случаев преимущества и недостатки конкретного способа изготовления рассматриваемых изделий характерны для всей группы, в которую данный способ входит. Основные преимущества и недостатки, характерные для конкретных групп способов, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки способов изготовления тонкостенных крутоизогнутых изделий

Название группы способов	Преимущества	Недостатки
1	2	3
<b>Группа 1</b> Способы изготовления	Возможность изготавливать	<ul style="list-style-type: none"> <li>• трудоемкость обеспечения герметичности</li> </ul>

изделий сварной конструкции	детали сложной конфигурации	изделия; <ul style="list-style-type: none"> <li>• наличие внутренних напряжений в сварных швах;</li> <li>• зависимость качества изделия от квалификации сварщика;</li> <li>• в случае использования сварки лазером – наличие дорогостоящей операции</li> </ul>
<b>Группа 2.</b> Способы изготовления изделий цельной конструкции		
<b>Подгруппа 1</b> Гибка трубчатых заготовок с формой поперечного сечения, соответствующей форме сечения готовой детали	<b>Подгруппа 1.</b> Гибка трубчатых заготовок с формой поперечного сечения, соответствующей форме сечения готовой детали	<b>Подгруппа 1.</b> Гибка трубчатых заготовок с формой поперечного сечения, соответствующей форме сечения готовой детали
<b>Подгруппа 2</b> Получение изделий из пространственной заготовки без предварительного деформирования	Возможность изготавливать детали сложной конфигурации, в том числе переменного сечения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• невозможность использования трубчатых заготовок для изготовления крутоизогнутых патрубков переменного сечения;</li> <li>• наличие дополнительной операции – обрезки дна патрубка после формовки донной заготовки</li> </ul>

Анализ преимуществ и недостатков приведенных способов позволяет выделить существенные моменты, которые необходимо учитывать при их выборе для изготовления конкретных изделий.

Способами первой группы можно изготавливать тонкостенные изделия сварной конструкции. При этом плоскость осевого сечения изделия является плоскостью стыка частей деталей.

При изготовлении таких изделий сначала выполняется вытяжка частей деталей из листовой заготовки, которая может выполняться в жестких штампах, с использованием эластичного пуансона, матрицы или методом электрогидроимпульсной (ЭГИ) штамповки [2, 3]. Выбор способа вытяжки зависит от материала детали, толщины и ее геометрической формы. Далее выполняется операция обрезки фланцев, если они остаются после вытяжки, после чего части деталей стыкуются по осевому сечению и свариваются.

Данным способом можно изготавливать детали сложной конфигурации, но есть ряд существенных недостатков, связанных с наличием сварных швов. При сварке аргоном возникают внутренние напряжения, а качество детали существенно зависит от квалификации сварщика. Сварка лазером является дорогостоящей операцией. Кроме того, не везде обеспечивается герметичность сварных швов, поэтому наиболее эффективно использовать методы получения цельных конструкций подобных деталей.

Вторая группа способов изготовления крутоизогнутых полых тонкостенных изделий включает способы получения цельных конструкций из стандартных труб различного поперечного сечения (рис. 2). В данной группе способов можно выделить две подгруппы.

В первой подгруппе второй группы способов существует проблема получения малого радиуса изгиба и большая трудоемкость получения изделий с переменным поперечным сечением. Вторая подгруппа этой группы характеризуется ограниченной деформационной способностью материала при штамповке деталей из листа или наличием дополнительной операции получения тонкостенной пространственной заготовки. Вследствие этого

теряется преимущество использования исходной стандартной тонкостенной трубчатой заготовки.

Критериями выбора группы способов являются требования к герметичности изделия и качеству его внешней поверхности, и, если приведенные требования высокие – выбирается вторая группа. Далее во второй группе учитывается наличие трубчатой заготовки с формой поперечного сечения, соответствующего сечению готовой детали и относительно большой радиус изгиба изделия (выбирается первая подгруппа); наличие донной заготовки и относительно небольшая длина колен (выбирается вторая подгруппа).

Кроме того, при выборе способа необходимо учитывать материал и толщину детали, ее геометрическую форму.

Технологические возможности известных способов не всегда обеспечивают требования к качеству готовых изделий.

Поэтому в ряде случаев при изготовлении тонкостенных изогнутых деталей со сложной формой поперечного сечения целесообразно применять способ [1], реализация которого включает три этапа при использовании в качестве исходной заготовки стандартной трубы.

На первом этапе стандартная трубчатая заготовка круглого поперечного сечения загибается на требуемый угол одним из известных способов гибки. На втором этапе осуществляется предварительное статистическое деформирование до получения профиля поперечного сечения, близкого к заданному. Завершающий этап обработки заключается в статическом (гидростатическая штамповка, штамповка эластичной средой) [2] или импульсном (магнитно-импульсная штамповка, ЭГИ штамповка, штамповка газовой горючей смесью) [3] формообразовании требуемого профиля поперечного сечения. При этом предполагается проведение промежуточных отжигов для восстановления пластических свойств металла заготовки.

Причем, если операция гибки является достаточно исследованной и широко применяется в производстве при изготовлении различных деталей

технологического назначения, то этапы предварительного статического деформирования и окончательного формообразования подвижной средой (жидкостью, газом, эластичной средой, магнитным полем) изучены недостаточно. Дальнейшее их исследование позволит определить технологические возможности предлагаемого способа.

### **Библиографический список:**

1. Пат. 2521167 Российская Федерация, МПК<sup>51</sup> В 21D 9/08, 22/02, 26/12, 41/02. Способ изготовления крутоизогнутых тонкостенных труб заданного профиля / Смертин С.А., Земцов М.И.; заявитель и патентообладатель «ФГБОУ ВПО «ВятГУ»» - №2012155692/02; заявл. 21.12.2012; опубл. 27.06.2014, Бюл. № 18.
2. Исаченков, Е.И. Штамповка резиной и жидкостью [Текст]: учеб. – М.: Машиностроение, 1967. – 368 с.
3. Степанов, В.Г. Высокоэнергетические импульсные методы обработки металлов. [Текст] – Л.: Машиностроение, 1975. – 280 с.