

УДК 621.7.043

***ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ТОЛЩИННОЙ
ДЕФОРМАЦИИ СТЕНКИ ТРУБЧАТЫХ ЗАГОТОВОК В ПРОЦЕССЕ
ГИБКИ ОБКАТКОЙ***

Смертин С.А.

ассистент,

Вятский государственный университет,

Россия, Киров

Земцов М.И.

к.т.н., доцент,

Вятский государственный университет,

Россия, Киров

Фомина Д.А.

студент,

Вятский государственный университет,

Россия, Киров

Аннотация

В статье предложен способ изготовления тонкостенных деталей сложного профиля, состоящий из нескольких этапов, а также приведены результаты исследований и анализ методов интенсификации первого этапа предлагаемого способа - процесса гибки обкаткой.

Ключевые слова: тонкостенная деталь, гибка обкаткой, сечение, профиль, формообразование, толщинная деформация.

**RESEARCH OF METHODS OF DECREASE OF THICKENING
DEFORMATION OF A WALL OF TUBULAR WORK PIECES IN THE
PROCESS OF BENDING BY RUNNING IN**

Smertin S.A.

assistant,

Vyatka State University,

Russia, Kirov

Zemtsov M.I.

c.t.s., associate professor,

Vyatka State University,

Russia, Kirov

Fomina D.A.

student,

Vyatka State University,

Russia, Kirov

Annotation

The article offers a way of production of thin-walled details of complicated profile, consisting of several stages, and also gives results of researches and analysis of methods of intensification of the first stage of the offered way - process of bending by running in.

Key words: thin-walled detail, bending by running in, section, profile, forming, thickening deformation.

Производство качественных тонкостенных деталей, особенно сложных форм, является одной из важных проблем современной машиностроительной отрасли. К таким деталям можно отнести крутоизогнутые тонкостенные отводы, патрубки, в том числе с переменным профилем поперечного сечения.

В настоящее время существуют способы производства подобных изделий путем сварки их из деталей более простой формы. Таким образом можно изготовить изделия сложной формы, в том числе с переменным профилем поперечного сечения, но трудоемкость сварочной операции и сложность обеспечения герметичности сварного шва являются существенными недостатками данной технологии.

Также известны способы изготовления тонкостенных деталей цельной конструкции. В большинстве из них основной операцией является гибка тонкостенной трубы на требуемый угол. В качестве заготовок используются трубы с профилем поперечного сечения, соответствующим профилю сечения готового изделия. При этом операцию гибки можно производить с помощью ручных или механизированных трубогибов, а также в штампах. Преимуществом данных способов является относительная простота конструкции оснастки и используемого оборудования, недостатками - трудности, связанные с ограниченной номенклатурой заготовок - стандартных труб требуемого профиля, а также сложность изготовления изделия с малым радиусомгиба.

Исключить недостатки существующих способов предлагается с помощью способа [1], состоящего из трех этапов: 1 – гибка стандартной трубчатой заготовки круглого поперечного сечения на требуемый угол; 2 - предварительное статическое деформирование изогнутой заготовки в полуматрицах; 3 - окончательное формообразование методом электрогидроимпульсной (ЭГИ) штамповки.

С целью апробации предлагаемого способа и определения деформационных и механических характеристик материала заготовки были проведены соответствующие экспериментальные исследования. В данной

статье приведены исследования первого этапа технологии – гибки тонкостенной трубы на требуемый угол. Гибка проводилась методом обкатки по схеме, приведенной на рис. 1, с использованием канифоли в качестве наполнителя. Для выполнения данной операции был спроектирован и изготовлен ручной трубогиб (рис. 2).

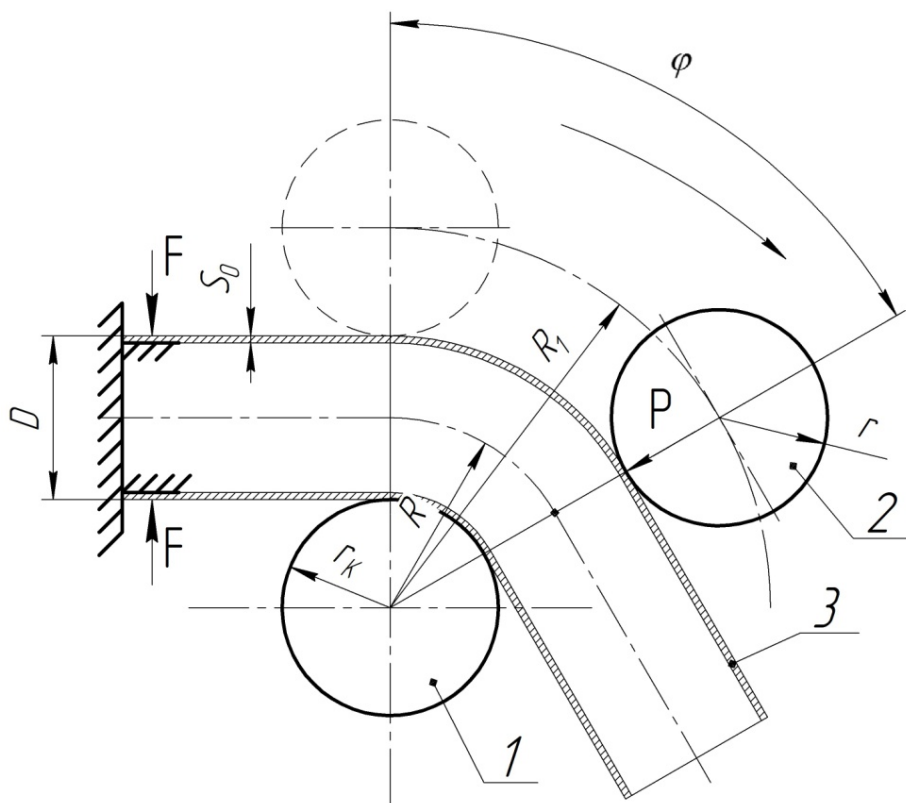


Рис. 1. Схема гибки обкаткой:

1 – неподвижный ролик (копир); 2 – обкатной ролик; 3 – заготовка

В качестве заготовок для операции гибки использовались трубы из меди М1 с наружным диаметром $D = 1 \frac{1}{8}'' (28,575 \text{ мм})$ и толщиной стенки $S_0 = 0,87 \text{ мм}$, как одни из применяемых для подобных изделий. Гибка производилась на угол $\varphi = 90^\circ$ со следующими параметрами оснастки: радиус копира $r_k = 38 \text{ мм}$, радиус обкатного ролика $r = 45 \text{ мм}$, радиус гибки по средней линии $R = 52,3 \text{ мм}$.

Деформированное состояние материала после гибки оценивалось в сечениях и точках, показанных на рис.4, путем измерения толщины стенки изогнутой трубы по наружному и внутреннему радиусамгиба. Измерения проводились с помощью стойки с индикатором часового типа модели ИЧ 10

МН. В указанных точках замерялась толщина стенки трубы и определялась толщинная деформация по формуле [2]:

$$\varepsilon_s = \ln \frac{S}{S_0}, \quad (1)$$

где S_0 и S – толщина стенки соответственно исходной заготовки и заготовки после деформирования.



Рис. 2. Общий вид ручного трубогиба

В процессе гибки важно сохранить деформационную способность материала заготовки для последующих операций предлагаемой технологии. Наибольшему утонению подвергается материал на наружном радиусе гiba трубы (рис. 4). При гибке вследствие контакта, близкого к точечному, обкатного ролика со стенкой трубы возникает местная деформация, которая в дальнейшем распространяется по направлению движения ролика и влияет на суммарное утонение по наружному радиусу гiba. Величина местной деформации зависит от величины силы, действующей со стороны обкатного ролика на заготовку. С целью снижения действия данной силы был использован способ гибки обкаткой с зазором Z между обкатным роликом и заготовкой в начальном положении (рис. 3а). Зазор Z обеспечивается путем увеличения межосевого расстояния между неподвижным роликом - копиром и обкатным роликом, и приблизительно определяется по формуле [3]:

$$Z = 0,15 \cdot D, \quad (2)$$

$$Z = 0,15 \cdot 28,6 = 4,29 \text{ мм. Принимается } Z = 4,3 \text{ мм.}$$

Радиус траектории обкатного ролика с учетом зазора определяется по формуле:

$$R_1 = r_k + D + r + Z, \quad (3)$$

$$R_1 = 38 + 28,6 + 45 + 4,3 = 115,9 \text{ мм. Принимается } R_1 = 116 \text{ мм.}$$

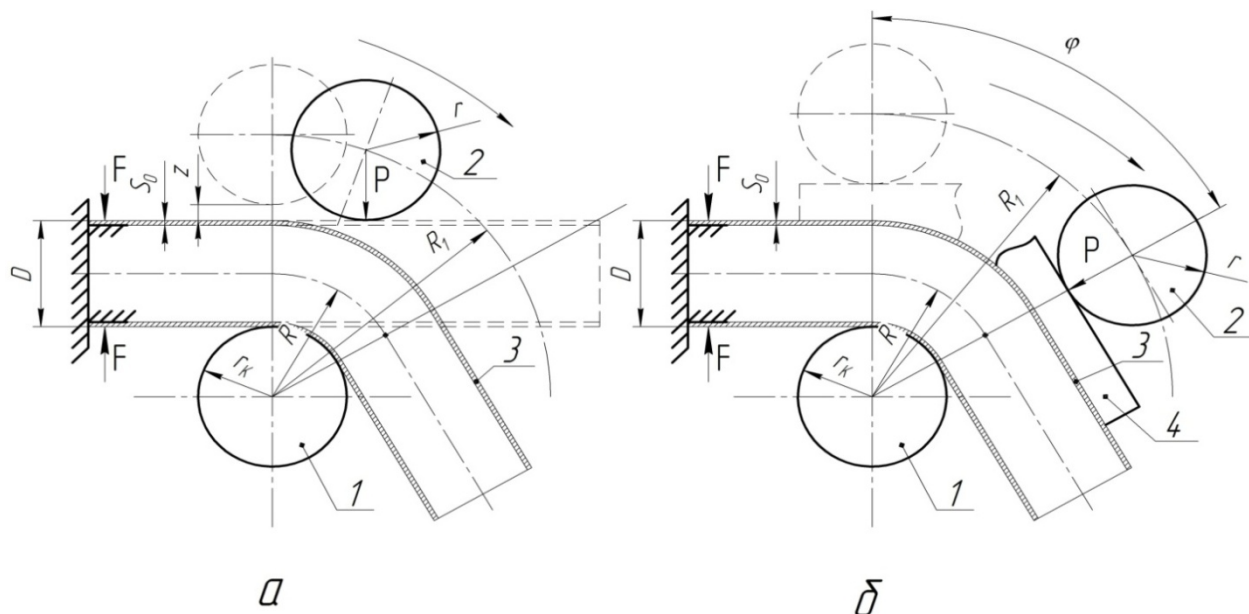


Рис. 3. Схемы гибки обкаткой: а – с зазором; б – с использованием лотка
1 – неподвижный ролик (копир); 2 – обкатной ролик; 3 – заготовка; 4 - лоток

С целью снижения утонения заготовки был использован способ, исключаяющий точечный контакт обкатного ролика с заготовкой, вызывающий местные деформации. Для этого между обкатным роликом 2 (рис. 3б) и заготовкой 3 устанавливался лоток 4, профиль внутренней поверхности которого соответствовал профилю изгибаемой трубы. С учетом высоты лотка также было изменено и межосевое расстояние между копиром и обкатным роликом.

У полученных данными способами гибки заготовок были проведены измерения толщины стенки по наружному и внутреннему радиусамгиба и определена толщинная деформация заготовок (рис. 4). Из приведенных на рисунке графиков следует, что максимальное значение утонения наблюдается

по наружному радиусу гиба при гибке без зазора между обкатным роликом и заготовкой в начальном положении, смещенное от середины угла гиба до точки 23, что соответствует углу, равному 75° . Вероятно, данное смещение произошло вследствие распространения по направлению гибки местной деформации, возникающей в результате точечного контакта обкатного ролика с заготовкой. Максимальное утонение соответствует величине толщинной деформации $\varepsilon_s = -0,28$. Гибка с зазором и гибка с применением лотка оказались одинаковыми по эффективности снижения утонения, в результате их применения удалось уменьшить толщинную деформацию до $\varepsilon_s = -0,25$, то есть приблизительно на 10,5%. После гибки с применением лотка максимальное значение утонения соответствует точке 18, расположенной практически в середине угла гиба. Это объясняется исключением точечного контакта обкатного ролика с заготовкой.

После гибки без зазора по внутреннему радиусу гиба наблюдается как утонение, так и утолщение, с преобладанием последнего. Максимальная величина толщинной деформации находится в точке 10 и составляет $\varepsilon_s = 0,02$. В результате операций гибки с зазором и гибки с применением лотка во всех точках по внутреннему радиусу наблюдается утолщение с максимальными значениями $\varepsilon_s = 0,06$ и $\varepsilon_s = 0,09$ соответственно.

На участках заготовки, не имеющих контакта с формообразующими элементами в процессе гибки, также наблюдаются изменения толщины стенки: закрепленный конец трубы подвержен деформации и в большей степени по наружному радиусу гиба в процессе гибки с использованием лотка. Деформация данного участка вызвана внутренними напряжениями в продольном направлении, возникающими в материале вследствие возникновения сил трения между формообразующим элементом и поверхностью заготовки. В случае применения лотка площадь контакта заготовки с формообразующим элементом больше, соответственно больше и силы трения, а в итоге и деформация свободного участка.

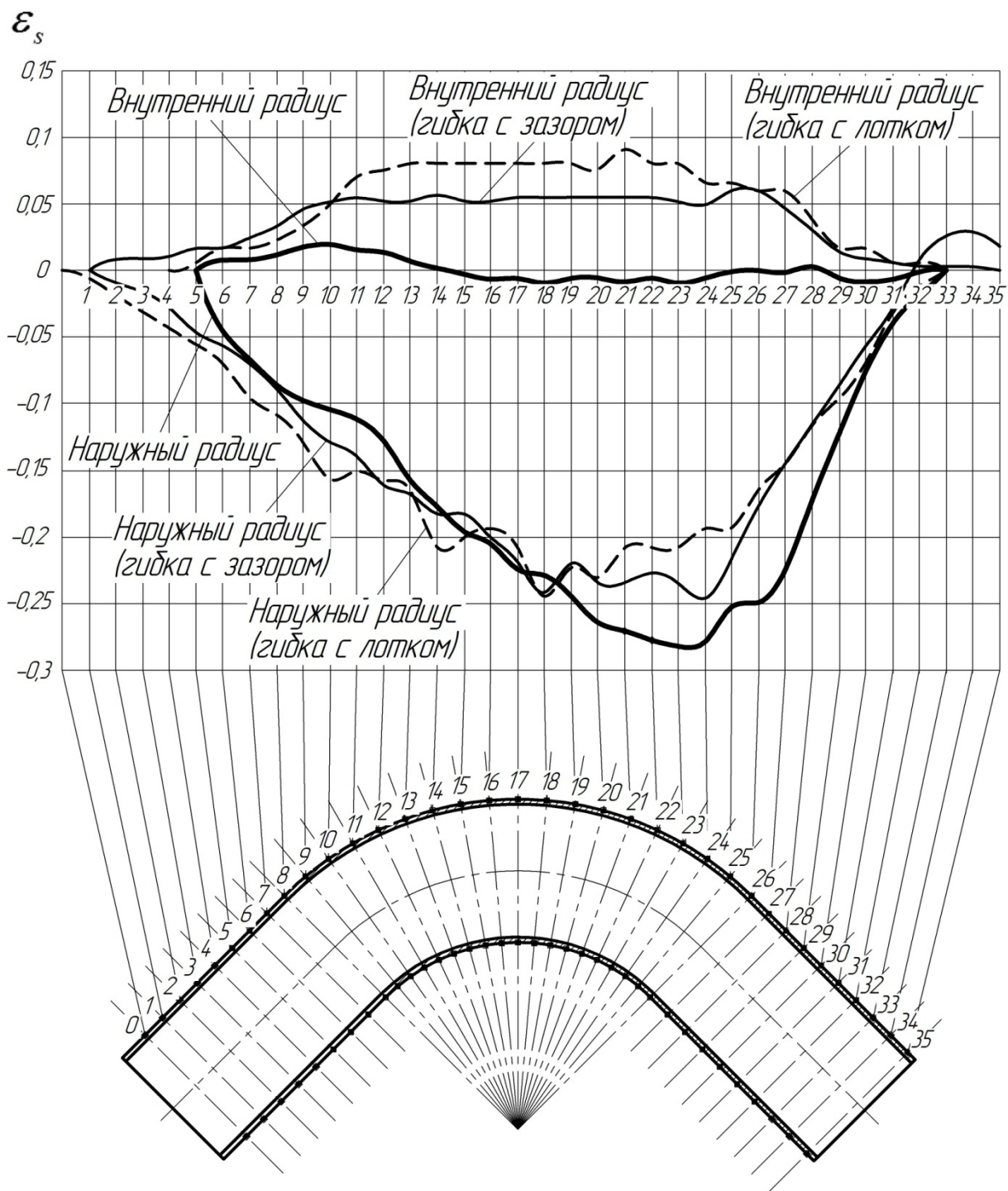


Рис. 4. Изменение толщинной деформации стенки трубы в продольном сечении для различных схем гибки

Итак, для реализации первого этапа предлагаемой технологии изготовления тонкостенных крутоизогнутых изделий выбран способ гибки обкаткой. Наличие зазора между обкатным роликом и заготовкой в начальном положении эффективно для снижения толщинной деформации заготовки. При

использовании данного приема в проведенных экспериментах толщинную деформацию удалось уменьшить на 10,5%. В такой же степени эффективно и применение лотка между обкатным роликом и заготовкой, но наличие лотка усложняет конструкцию трубогиба и возможность автоматизации процесса гибки.

Библиографический список:

1. Пат. № 2521167РФ, МПК⁵¹ В 21D 9/08, 22/02, 26/12, 41/02. Способ изготовления крутоизогнутых тонкостенных труб заданного профиля / Смертин С.А., Земцов М.И.
2. Сторожев М.В. Теория обработки металлов давлением [Текст]: учеб. /М.В. Сторожев, Е.А. Попов. 4-е изд., доп.– М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.
3. Вдовин С.И. Теория и расчеты гибки труб: монография / С.И. Вдовин. – М.: Машиностроение, Орел: ОрелГТУ, 2009. – 95 с., ил.