

Исследование методов снижения толщинной деформации стенки заготовок на начальных этапах изготовления тонкостенных деталей сложного профиля

С. А. Смертин¹, М. И. Земцов², Д. А. Фомина³

¹старший преподаватель кафедры технологии машиностроения, Вятский государственный университет.

Россия, г. Киров. E-mail: stassmertin@rambler.ru

²кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и дизайна, Вятский государственный университет.

Россия, г. Киров. E-mail: zemcov_txom@mail.ru

³студент кафедры технологии и дизайна, Вятский государственный университет.

Россия, г. Киров. E-mail: dashafomina281199@mail.ru

Аннотация. В настоящее время в современном машиностроении стоит задача качественного изготовления тонкостенных деталей сложной формы. Для исключения недостатков существующих способов предложен новый способ изготовления таких деталей, состоящий из трех этапов.

Целью данной статьи является представление результатов исследования второго этапа предлагаемой технологии – предварительного статического деформирования заготовок в полуматрицах.

В работе применен эмпирический метод исследования – эксперимент с последующим анализом результатов, включающим описание, сравнение, изучение зависимостей.

В результате исследования подтвержден выбор способа проведения первого этапа технологии – гибки тонкостенных трубчатых заготовок; определен характер толщинной деформации в рамках второго этапа технологии – операции предварительного статического деформирования; установлен запас деформационной способности материала заготовок для проведения заключительного этапа предлагаемой технологии – окончательного формообразования с использованием метода электрогидроимпульсной штамповки.

Результаты данного исследования могут быть применены в машиностроении и химической промышленности.

Ключевые слова: гибка обкаткой, предварительное статическое деформирование, поперечное сечение, толщинная деформация.

Введение. В различных отраслях современного машиностроения достаточно широкое применение находят тонкостенные детали сложной формы, в том числе и в поперечном сечении. Для изготовления подобных деталей применяются различные способы, каждый из которых имеет свою ограниченную область применения, свои преимущества и недостатки.

Полностью или частично исключить недостатки существующих способов ранее было предложено с помощью способа [1, с. 1–10], включающего три этапа: 1 – гибка стандартной трубчатой заготовки круглого поперечного сечения на требуемый угол; 2 – предварительное статическое деформирование изогнутой заготовки для изменения формы поперечного сечения; 3 – окончательное формообразование с использованием метода электрогидроимпульсной (ЭГИ) штамповки.

Результаты исследований первого этапа приведены в работе [2, с. 1–9]. При этом в экспериментах в качестве заготовок использовались стандартные трубы из меди М1 с наружным диаметром $D = 1\ 1/8''$ (28,575 мм) и толщиной стенки $S_0 = 0,87$ мм, как достаточно широко применяемые для изготовления рассматриваемых изделий. Гибка проводилась по трем схемам (рис. 1): обкаткой без зазора (см. рис. 1а при $z = 0$), обкаткой с зазором Z (см. рис. 1а), с использованием лотка (см. рис. 1б).

Для каждой схемы оценивалось деформированное состояние материала в различных сечениях и точках путем измерения толщины стенки изогнутой трубы по наружному и внутреннему радиусам гiba с последующим определением толщинной деформации.

Результаты исследований показали, что для реализации первого этапа предлагаемой технологии целесообразно использовать способ гибки обкаткой. Причем наличие зазора Z между обкатным роликом и заготовкой в начальном положении снижает толщинную деформацию на 9,5–11 %. В такой же степени эффективно и применение лотка между обкатным роликом и заготовкой, однако наличие лотка усложняет конструкцию трубогиба и возможность автоматизации процесса гибки.

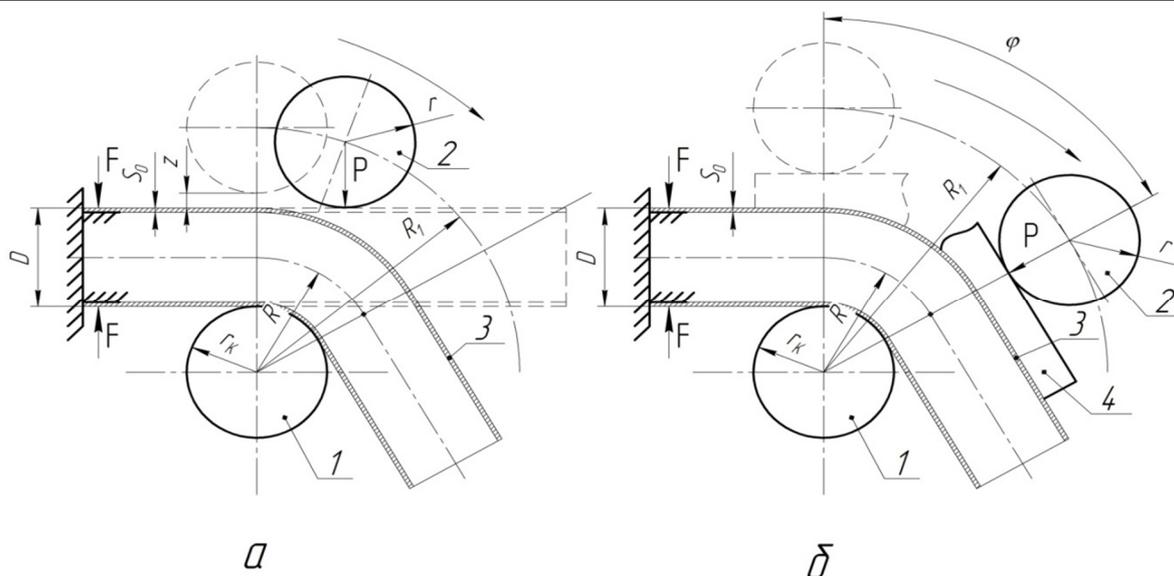


Рис. 1. Схемы гибки обкаткой: а – с зазором z ; б – с использованием лотка
1 – неподвижный ролик (копир); 2 – обкатной ролик; 3 – заготовка; 4 – лоток

Цель исследования. Целью приведенного в статье исследования является анализ величин и характера толщинной деформации стенки трубчатой заготовки на втором этапе изготовления тонкостенных деталей сложного профиля – операции предварительного статического деформирования.

Задачи исследования:

1. Провести анализ толщинной деформации стенок трубчатой заготовки после предварительного деформирования для различных методов гибки с выбором из них наиболее эффективного.
2. Установить наличие запаса деформационной способности материала заготовки после начальных этапов рассматриваемой технологии.
3. Установить влияние на толщинную деформацию только предварительного деформирования.

Методы исследования. Второй этап предлагаемой технологии (предварительное статическое деформирование заготовки в полуматрицах) осуществлялся по схеме, представленной на рис. 2.

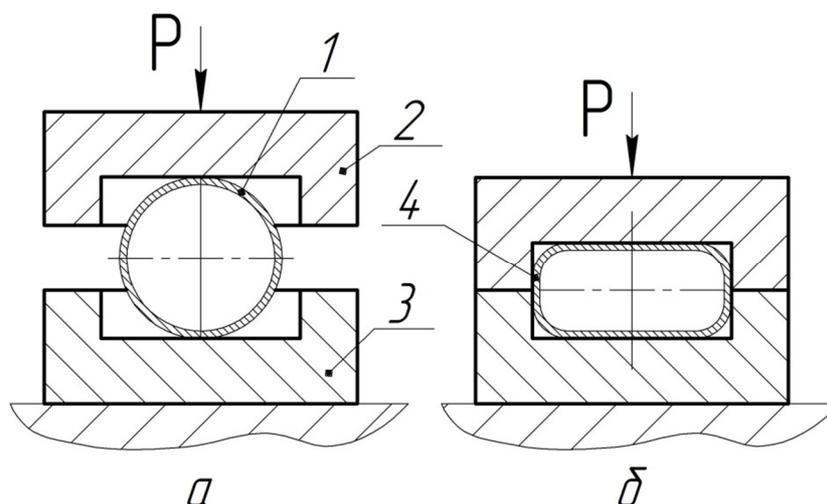


Рис. 2. Схема предварительного деформирования: а – исходное положение; б – конечное положение
1 – поперечное сечение заготовки после гибки; 2, 3 – полуматрицы;
4 – поперечное сечение заготовки после предварительного статического деформирования

Распределение толщинной деформации стенок заготовок по наружному и внутреннему радиусамгиба после гибки и предварительного деформирования показано на рисунке 3. Из графиков видно, что на наружном радиусегиба максимальное утонение стенки заготовки соответствует предварительному деформированию после гибки с лотком с величиной толщинной деформации $\epsilon_s = -0,29$. Меньшие значения деформации наблюдаются при предварительном деформировании заготовок после гибки без зазора ($\epsilon_s = -0,28$) и с зазором ($\epsilon_s = -0,25$).

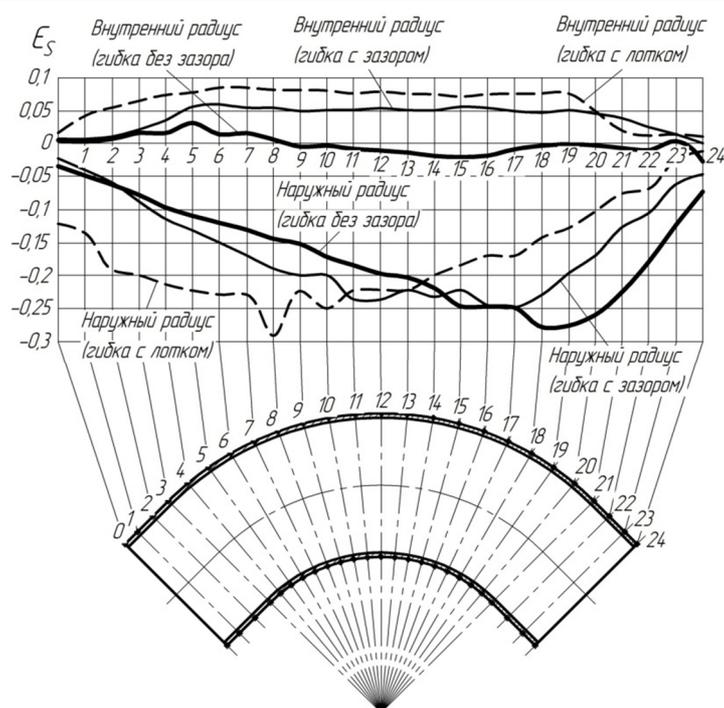


Рис. 3. Распределение толщинной деформации стенки трубы в продольном сечении после гибки и предварительного деформирования для различных схем гибки

В зависимости от схемы гибки сохраняется и характер смещения от середины углагиба максимальных утонений. В такой же зависимости сохраняется и характер толщинных деформаций по внутреннему радиусугиба: после гибки без зазора и предварительного деформирования наблюдается как утонение, так и утолщение, с максимальным значением толщинной деформации $\epsilon_s = 0,03$, а при деформировании после гибки с зазором и гибки с лотком $\epsilon_s = 0,07$ и $\epsilon_s = 0,09$ соответственно. Также сохраняется и характер изменения толщины стенок заготовок на участках, не имеющих контакта с формообразующими элементами.

На рисунке 3 показано распределение толщинной деформации после гибки и предварительного деформирования по сравнению с начальной толщиной стенки исходной заготовки. Влияние на толщинную деформацию только предварительного деформирования показывают зависимости, приведенные на рисунке 4.

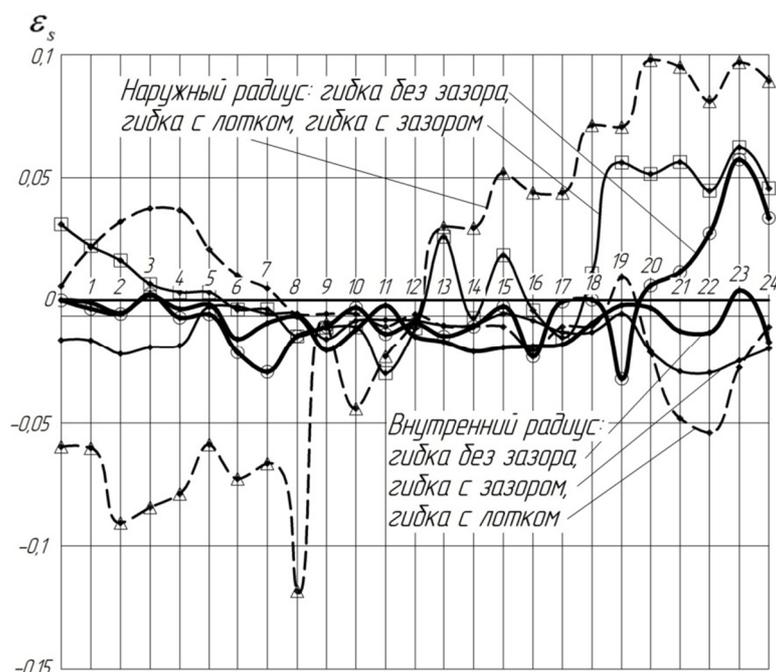


Рис. 4. Изменение толщинной деформации в продольном сечении изогнутой трубчатой заготовки в результате предварительного статического деформирования

На графиках (рис. 4) в зависимости от расположения участка трубы можно увидеть как утолщение, так и утонение. Графики кривых толщинной деформации по характеру совпадают на участке свободного во время гибки конца трубы (точки 12...24), где на внутреннем радиусе гiba наблюдается утонение стенки трубы, а на наружном – утолщение. На участке, расположенном с небольшим смещением от центра гiba в сторону закрепленного во время гибки конца трубы (точки 9...12) и на наружном, и на внутреннем радиусе гiba наблюдается утонение. На участке же между точками 0...9 характер толщинной деформации как на наружном, так и на внутреннем радиусах гiba различен – при предварительном деформировании после способов гибки с зазором и гибки с лотком характер графиков противоположный, а при деформировании после гибки без зазора толщинная деформация на наружном и на внутреннем радиусах гiba практически совпадает. Возможно, такой характер графиков является следствием различия величин толщинных деформаций на данном участке после операции гибки в зависимости от способа ее проведения.

Исходя из этого, можно выделить метод гибки трубы обкаткой с зазором как наиболее эффективный по снижению разнотолщинности стенок трубы после предварительного деформирования, так как по наружному радиусу в результате данной операции преобладает утолщение, а по внутреннему – утонение.

Выводы. После операции предварительного деформирования тонкостенных трубчатых заготовок максимальная толщинная деформация на наружном радиусе гiba меньше при выполнении предыдущей операции гибкой обкаткой с зазором и составляет -0,25. Данное значение является равным величине толщинной деформации после операции гибки указанным способом, что подтверждает наличие запаса деформационной способности материала для выполнения заключительного этапа технологии.

Анализ влияния на толщинную деформацию только предварительного деформирования показал снижение разнотолщинности стенки трубы в результате данной операции при использовании заготовки, полученной гибкой трубы обкаткой с зазором.

Список литературы

1. Пат. №2521167 РФ, МПК⁵¹ В 21D 9/08, 22/02, 26/12, 41/02. Способ изготовления крутоизогнутых тонкостенных труб заданного профиля / С. А. Смертин, М. И. Земцов ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ВятГУ». № 2012155692; заявл. 21.12.12; опубл. 27.06.14. Бюл. № 18. 10 с.
2. Смертин С. А., Земцов М. И., Фомина Д. А. Исследование методов снижения толщинной деформации стенки трубчатых заготовок в процессе гибки обкаткой // Дневник науки. 2018. № 8. 6 с. URL: http://dnevniknauki.ru/images/publications/2018/8/technics/Smertin_Zemtsov_Fomina.pdf (дата обращения 23.01.2019).

Study of methods to reduce the wall thickness deformation of workpieces at the initial stages of manufacturing of thin-walled parts of complex profile

S. A. Smertin¹, M. I. Zemtov², D. A. Fomina³

¹senior lecturer of the Department of machine building, Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: stassmertin@rambler.ru

² PhD of Technical Sciences, associate professor of the Department of technology and design, Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: zemcov_txom@mail.ru

³student of the Department of technology and design, Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: dashafomina281199@mail.ru

Abstract. Currently, in modern engineering there is the task of high-quality manufacture of thin-walled parts of complex shapes. To eliminate the disadvantages of existing methods, a new method of manufacturing such parts, consisting of three stages, is proposed.

The purpose of this article is to present the results of the study of the second stage of the proposed technology – preliminary static deformation of workpieces in half-matrices.

The empirical method of research – experiment with the subsequent analysis of results including the description, comparison, studying of dependences is applied in work.

The study confirmed the choice of the method of the first stage of a technology – flexible thin-walled tubular blanks; the character of thickness deformation in the second phase of the technology – operations of pre-static deformation – is specified; a stock strain capacity of a material of preparations for the final stage of the proposed technology – final shaping using the method of electrohydropulse stamping is established.

The results of this study can be applied in mechanical engineering and chemical industry.

Keywords: run-in bending, preliminary static deformation, cross-section, thickness deformation.

References

1. Pat. No. 2521167 of the Russian Federation, IPC51 B 21D 9/08, 22/02, 26/12, 41/02. A method of manufacturing steeply bent thin-walled pipes of a given profile / S. A. Smertin, M. I. Zemtsov; Applicant and patent holder of FSBEI HE "Vyatka State University". No. 2012155692; declared 12/21/12; publ. 06/27/14. Bull. No. 18. 10 p. (in Russ.)
2. Smertin S. A., Zemcov M. I., Fomina D. A. *Issledovanie metodov snizheniya tolshchinnoy deformacii stenki trubchatyh zagotovok v processe gibki obkatkoj* [Investigation of methods for reducing the thickness deformation of the wall of tubular billets during bending by rolling] // *Dnevnik nauki – Journal of Science*. 2018. No 8. 6 p. Available at: http://dnevniknauki.ru/images/publications/2018/8/technics/Smertin_Zemtsov_Fomina.pdf (accessed 01/23/2019).