

ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИЙ ТОНКОСТЕННЫХ ТРУБ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ ПРИ ХОЛОДНОЙ ГИБКЕ С РАСКАТЫВАНИЕМ

Е.В. Халиулин, А.В. Козлов

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Тонкостенные трубы из коррозионностойких сталей находят широкое применение в авиации, ракетостроении, космической технике, судостроении, машиностроении, черной и цветной металлургии, атомной энергетике, химической, нефтяной и газовой промышленности и других отраслях. Гибка труб является одной из основных операций технологического процесса изготовления деталей трубопроводов. Несмотря на это, в современных производственных условиях практически невозможно осуществить качественную гибку в холодном состоянии труб диаметром свыше 60–70 мм, поскольку она сопровождается нежелательными для последующей эксплуатации явлениями: утонением стенки на внешней части трубы, овализацией (сплющивание) поперечного сечения, образованием гофр и изломов на внутренней части. Разработанная в ЮУрГУ технология гибки тонкостенных труб с раскатыванием устраняет перечисленные недостатки. При вращении раскатника, заведённого в трубу с достаточно большим натягом, в каждой точке кольцевой зоны раскатывания возникает знакопеременный изгиб, при котором изгибные напряжения кратковременно достигают предела текучести. В результате при приложении относительно небольшого изгибающего усилия происходит гибка в перемещающейся кольцевой зоне раскатывания. В статье рассмотрены результаты экспериментальной оценки деформаций тонкостенных труб при гибке с раскатыванием. Приведена методика проведения эксперимента. Для проведения экспериментов использовался специальный станок для холодной гибки труб с раскатыванием. В основе способа оценки деформаций был использован «Метод сеток». Были определены величины удлинения и уменьшения длины стенок трубы, участвовавших в гibe. В результате проведенного исследования удалось оценить степень и характер деформации в продольном и поперечном сечении стенок трубы при гибке с раскатыванием и, как следствие, рассчитать указанные деформации и утонения стенок трубы, что является важной эксплуатационной характеристикой.

Ключевые слова: оценка деформаций, тонкостенные трубы, гибка труб, специальный станок, метод сеток.

Введение

При гибке труб с раскатыванием происходит удлинение внешней стенки трубы, укорачивание внутренней стенки и изменение длины боковой стенки. Это приводит к преобразованию формы и исходной толщины стенок трубы в поперечном сечении.

Целью исследования является определение и оценка деформаций [7] при гибке тонкостенных труб из коррозионностойких сталей при гибке с раскатыванием [1, 4, 18, 20], информации по которым еще достаточно мало.

1. Методика проведения исследования

- а) Заготовка: труба 12Х18Н9, $\varnothing 42,5 \times 2,25 \times 1400$ мм, ГОСТ 9941–81.
- б) Инструмент: шариковый раскатник с 4 деформирующими элементами.
- в) Оборудование: станок для гибки труб с раскатыванием.
- г) Угол изгиба трубы: 90° .
- д) Способ гибки: гибка трубы с раскатыванием, путем наматывания на ролик-шаблон.
- е) Радиус гiba: $2D_u = 80$ мм.
- ж) Режимы гибки: натяг 0,5; 1; 1,5 мм, частота вращения раскатника: 300 об/мин.
- з) В качестве привода главного движения использовался электродвигатель мощностью 0,95 кВт с частотой вращения $n = 450$ об/мин.
- и) Частота вращения гибочного ролика: 0,15 об/мин, что обеспечивает подачу трубы, равную 120 мм/мин.
- к) В качестве деформирующих элементов раскатника использовались шарики из стали марки ШХ15 диаметром 14,1 мм.

1.1. Оборудование

Эксперименты были проведены на специальном станке [6, 9, 15] для холодной гибки труб с раскатыванием. Станок устроен следующим образом. На сварной корпус 1 станка (рис. 1) установлен шпиндельный узел 2 со шпинделем 6, ременной передачей 14 и борштангой 3. На конце борштанги 3 закреплен раскатник 4. В качестве привода главного движения использован электродвигатель 5. Вращение от электродвигателя 5 через ременную передачу 14 передается борштанге 3 и раскатнику 4. На борштангу 3 устанавливается изгибаемая труба, для захвата которой имеется прижимная планка 10. Изгибаемое усилие передается через двигатель 7 привода подачи, через ременную передачу 8, редуктор 11 и муфту 12, червячную передачу 13, вращение сообщается гибчному ролику 9, а по его шаблону происходит изгиб трубы.

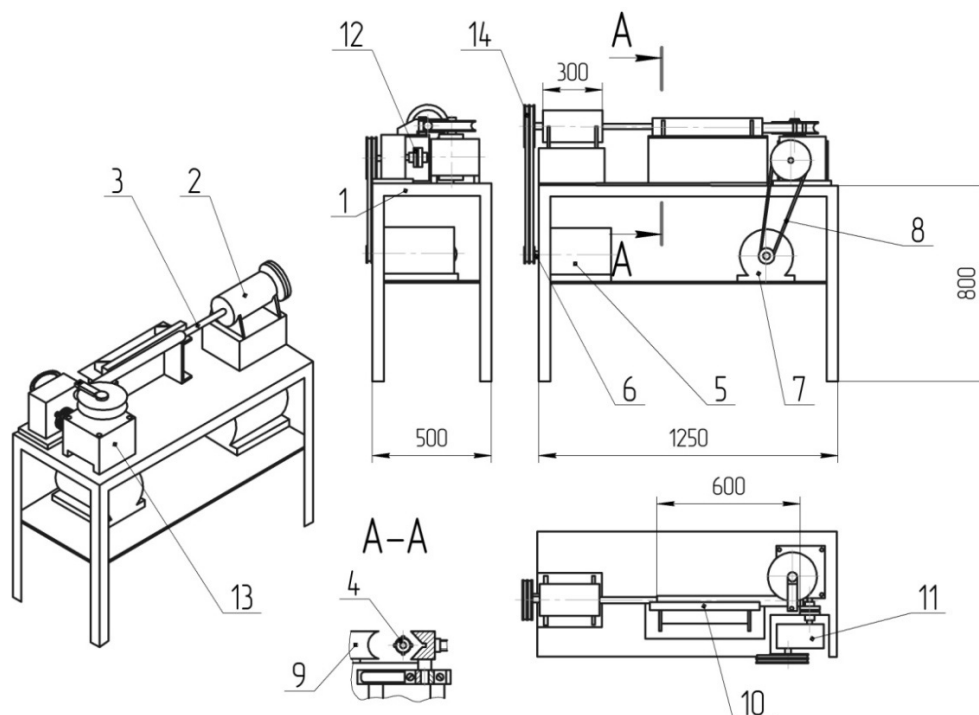


Рис. 1. Схема станка для холодной гибки труб с раскатыванием

Целью исследования является определение и оценка деформаций при гибке тонкостенных труб из коррозионностойких сталей при гибке с раскатыванием, информации по которым еще недостаточно мало.

1.2. Инструмент

Раскатной инструмент (рис. 2) содержит деформирующие элементы – шарики 1. Для различных диаметров труб используются шарики различных диаметров, шарики установлены в сепараторе 2, который ограничивает их перемещение в окружном направлении, сохраняя неизменным угловое расположение шариков друг относительно друга при вращении инструмента, опорой для шариков служат передний конус 3 и задний конус 4, установка раскатника на необходимый диаметр осуществляется осевым перемещением винта 5, в результате чего шарики перемещаются в радиальном направлении [1, 13].

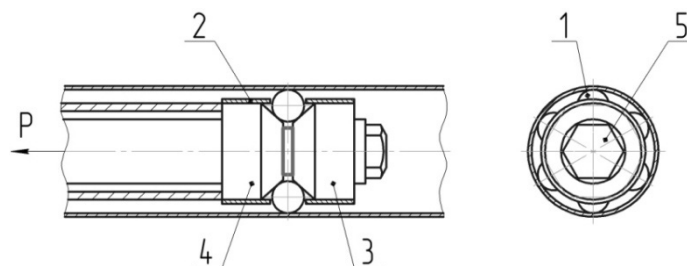


Рис. 2. Раскатной инструмент

1.3. Оценка деформаций

Для оценки деформаций был использован «Метод сеток» [5, 16]. На трубу перед гибкой были нанесены риски через каждые 5 мм. На рис. 3 приведено изображение трубы после разметки и гибки. Измерения проводились электронным штангенциркулем с точностью до 0,01 мм. После гибки трубы были измерены расстояния между рисками, были подсчитаны величины удлинения и уменьшения длины стенок трубы [8], участвовавших в гйбе (рис. 4).

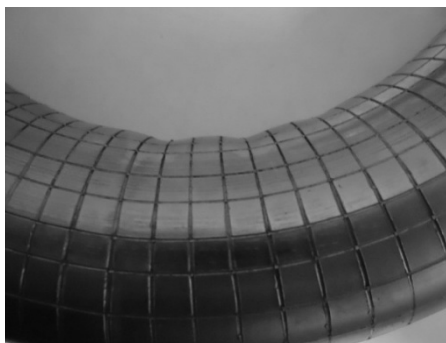


Рис. 3. Образец размеченной трубы после гйба

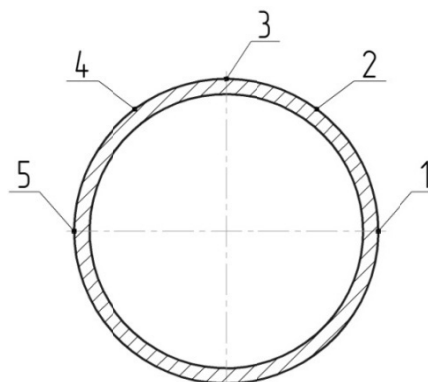


Рис. 4. Схема расположения точек, в которых проводились измерения

2. Результаты исследования

В результате проведённых исследований были получены графические зависимости, по которым можно понять характер удлинения и уменьшения длины стенок трубы в различных местах гйба. Анализируя графики (рис. 5–9), можно установить определенную закономерность изменений деформаций на различных участках изгибаемой трубы при различных натягах (см. таблицу).

Деформация на различных участках изгибаемой трубы, %

Натяг	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5
0,5 мм	-7,4	-4,6	12,0	16,6	35,2
1 мм	-11,0	-5,6	16,8	22,0	36,8
1,5 мм	-12,0	-6,6	18,0	28,6	39,4

Выпадение ряда точек (4,46; 4,76; 4,75; 4,75; 4,5; 4,4; 4,7; 4,55) на внутренней стенке обусловлено наличием гофрообразования трубы при малых натягах. Выпадение точек (5,07; 4,5; 4,5; 4,4; 6,23; 6,23; 6,23; 5,85; 5,93; 5,95; 6,43; 6,45) на боковой стенке, внешней стенке, а также на участках 2 и 4 (рис. 4) обусловлено наличием гофрообразования трубы, трением трубы при гйбе о ролик-шаблон, неравномерностью толщин стенок трубы и структуры металла.

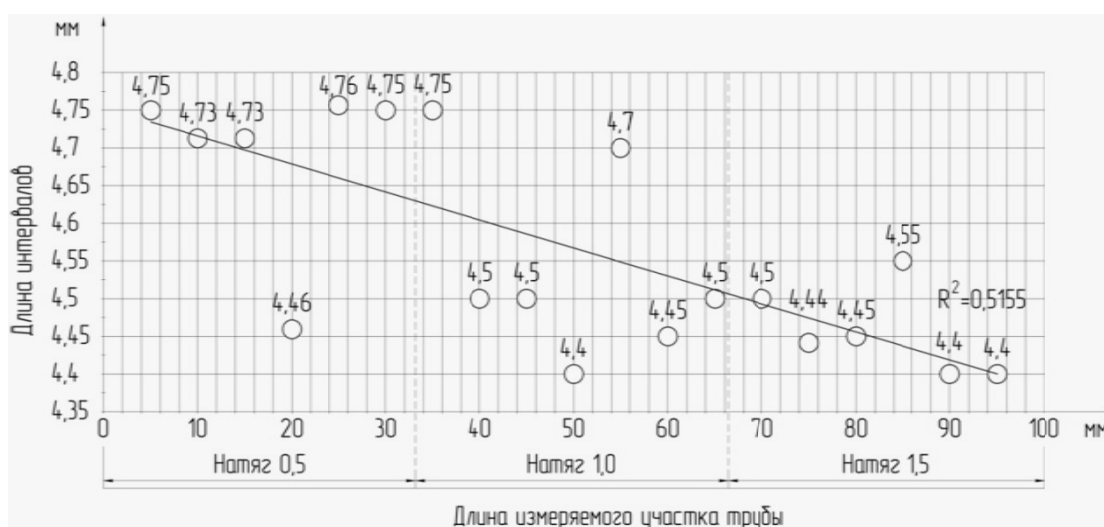


Рис. 5. График изменения длин интервалов (точка 1)

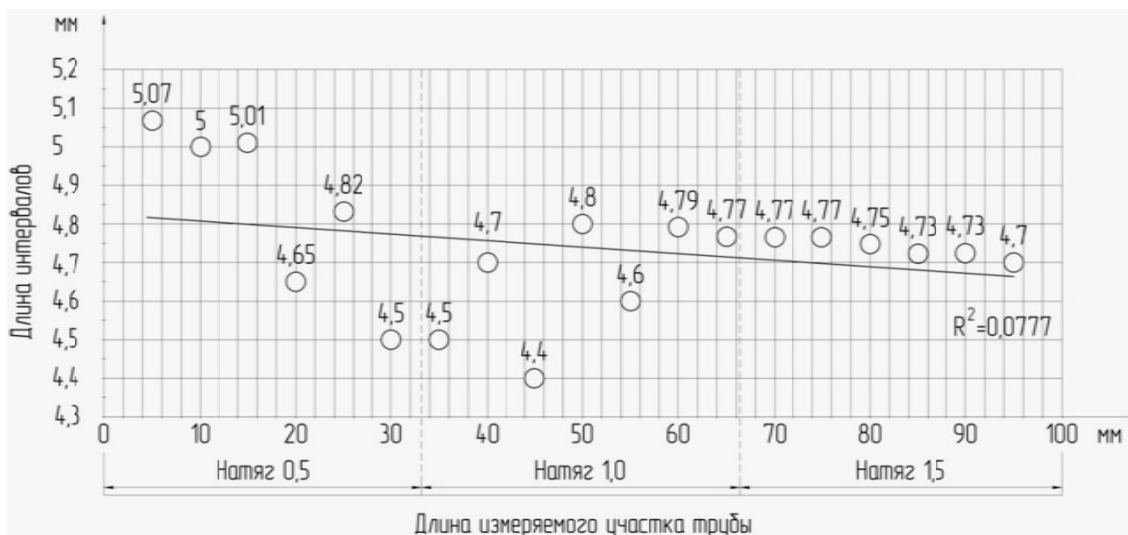


Рис. 6. График изменения длин интервалов (точка 2)

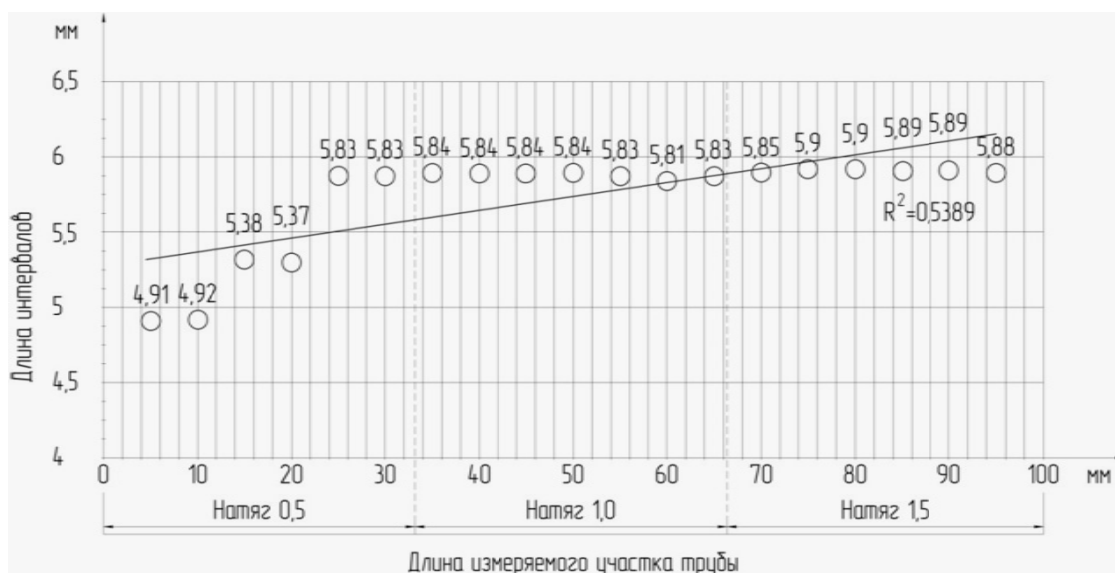


Рис. 7. График изменения длин интервалов (точка 3)

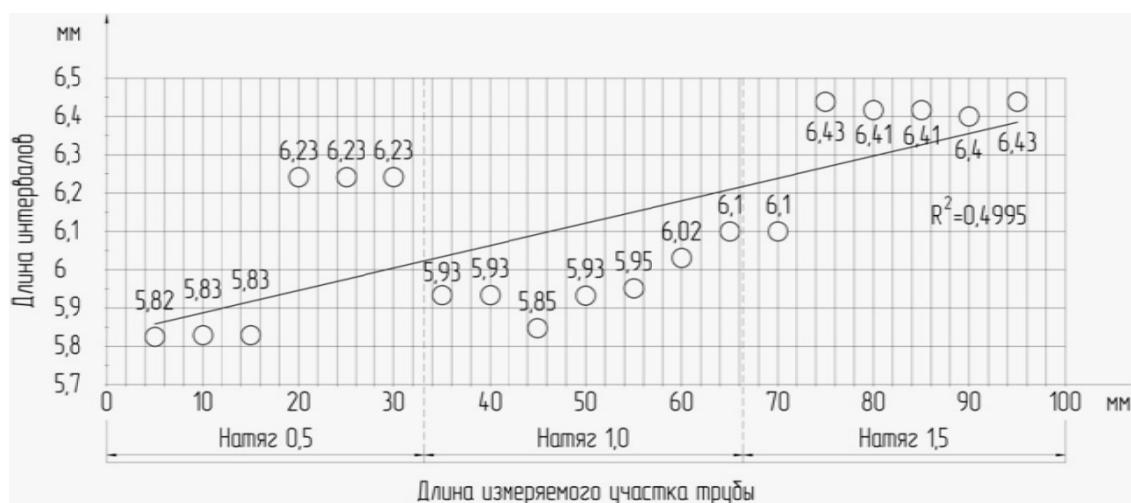


Рис. 8. График изменения длин интервалов (точка 4)

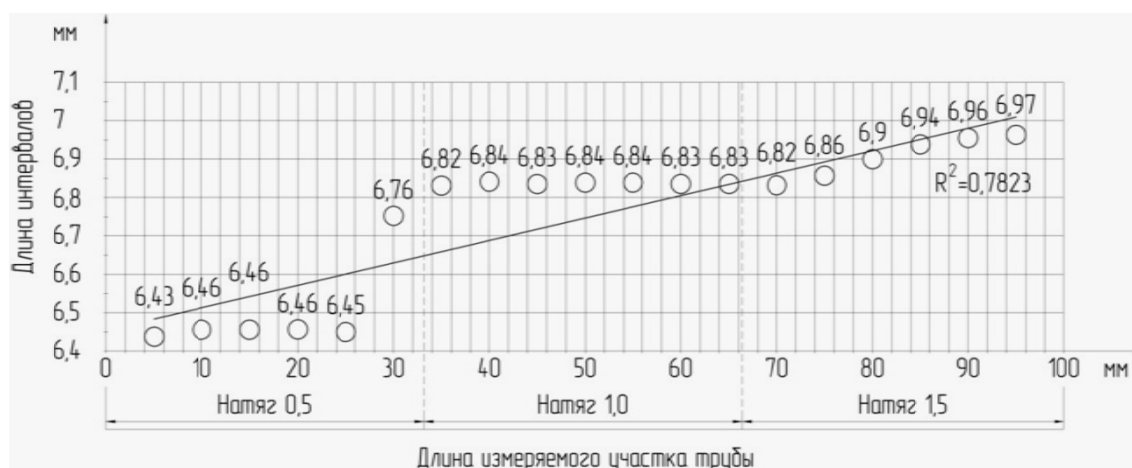


Рис. 9. График изменения длин интервалов (точка 5)

2.1. Расчет толщины стенок трубы

Величина натяга раскатника является основным параметром, от которого зависят величины продольных деформаций и качество гнутой трубы [2].

Расчетная толщина стенки трубы на внутренней, боковой и наружной поверхности, а также между ними (рис. 10) по точкам 1–5 (см. рис. 4) менялась пропорционально изменению величины продольных деформаций на соответствующих участках (см. рис. 5–9).

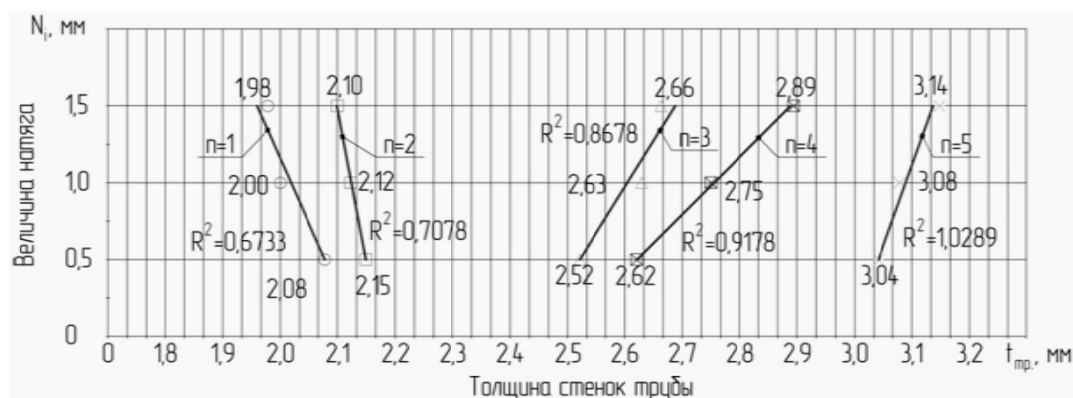


Рис. 10. Изменения толщины стенок трубы

Была получена зависимость, по которой можно рассчитать изменения толщины стенок трубы:

$$t_i = t_{тр} N_i k_i,$$

где t_i – расчетные толщины стенок трубы, $t_{тр}$ – исходные толщины стенок трубы, N_i – размеры натяга, k_i – коэффициент пропорциональности.

2.2. Сравнение результатов экспериментов

Приведенные выше результаты сравнивались с результатами компьютерных и натуральных экспериментов по оценке изменения толщин стенок при гибке аналогичных труб из стали марки 10 [3, 11, 19]. С использованием лицензионного программного обеспечения MSC.Marc был смоделирован изгиб трубы $\varnothing 42,5$ мм с толщиной стенки 2,25 мм из стали марки Ст10 с одновременным раскатыванием – инструментом с четырьмя деформирующими элементами [10, 12, 21] на угол 30° . Величина натяга при этом составила 1 мм, радиусгиба определялся размерами ролика-шаблона, на который «наматывается» труба. Графики изменения толщин стенок, полученные в результате компьютерного и натуральных экспериментов, приведены на рис. 11, где 1 график – натуральный эксперимент (Сталь 10), 2 график – натуральный эксперимент (Сталь 12X18H9), 3 график – компьютерный эксперимент (Сталь 10).

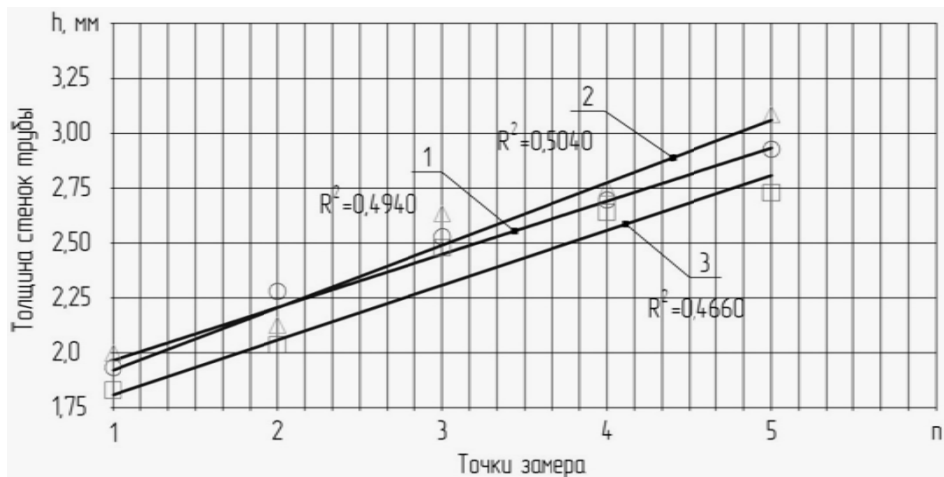


Рис. 11. Графики изменения толщин стенок

Сравнивая результаты указанных экспериментов [14, 17], видно, что графические зависимости сопоставимы друг с другом, на их основе можно прогнозировать срок службы трубы в зависимости от толщины стенки трубы и вида стали.

Моделирование процесса деформаций стенок изгибаемой трубы представлено на рис. 12, 13.

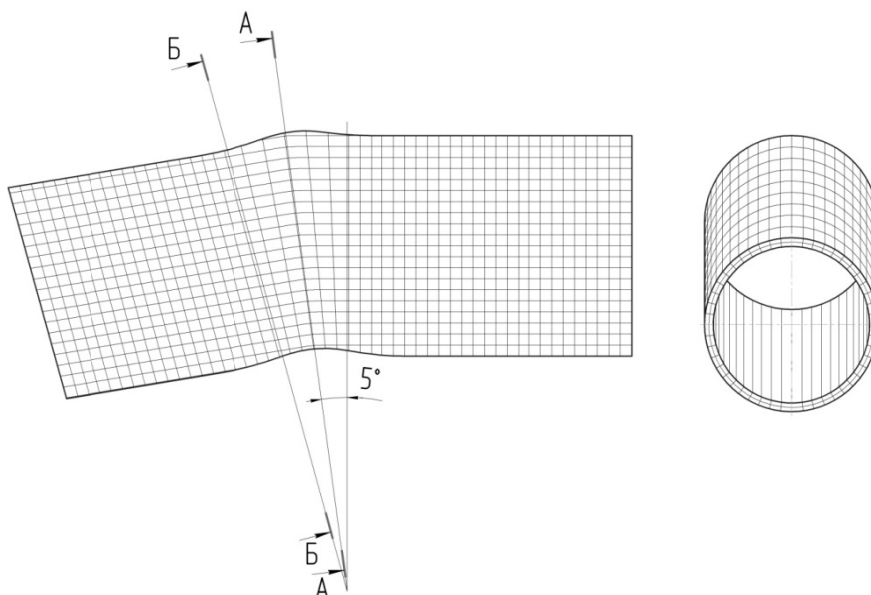


Рис. 12. Модель деформации стенок изгибаемой трубы

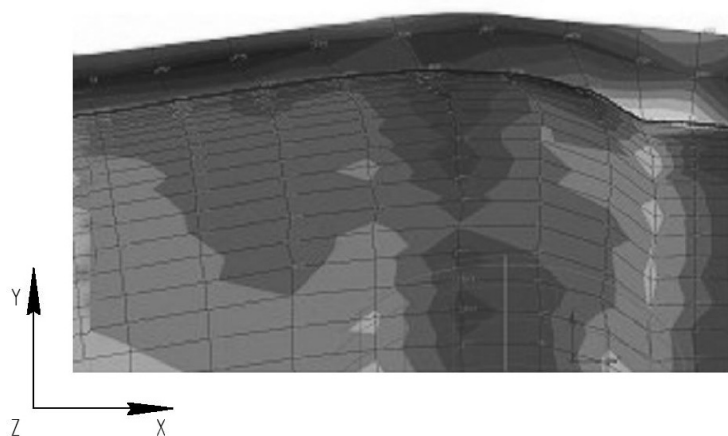


Рис. 13. Изменение толщины внешней стенки трубы при компьютерном моделировании

Результаты расчетов изменения толщины стенок по длине изгибаемой трубы приведены на рис. 14.

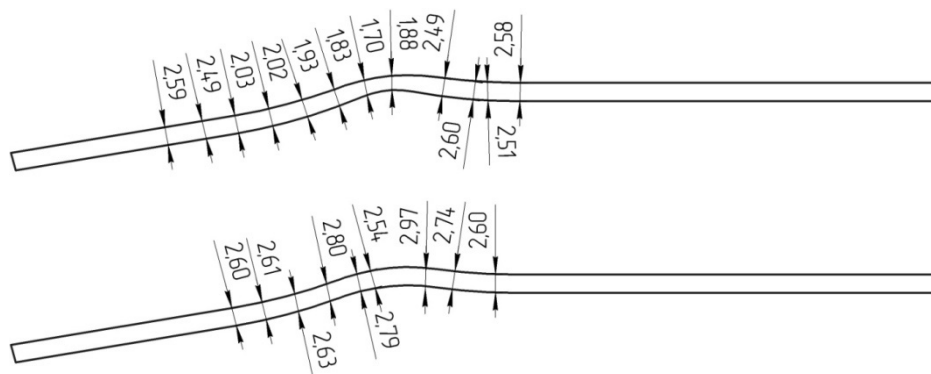


Рис. 14. Результаты расчетов изменения толщины стенок по длине изгибаемой трубы

Заключение

В результате проведенного исследования удалось оценить степень и характер деформации в продольном и поперечном сечении стенок трубы при гибке с раскатыванием и, как следствие, рассчитать указанные деформации и утонения стенок трубы, а именно на внутренней стенке наблюдалось уменьшение длины стенки трубы в среднем на 9,7 % и утолщение стенки трубы в среднем на 10,2 %, между внутренней и боковой стенкой наблюдалось уменьшение длины стенки трубы в среднем на 5,1 % и утолщение стенки трубы в среднем на 5,8 %, на боковой стенке наблюдалось удлинение стенки трубы в среднем на 15,0 % и утонение стенки трубы в среднем на 15,6 %, между боковой и внешней стенкой наблюдалось удлинение стенки трубы в среднем на 22,6 % и утонение стенки трубы в среднем на 22,2 %, на внешней стенке наблюдалось удлинение стенки трубы в среднем на 37,3 % и утонение стенки трубы в среднем на 37,3 %.

Литература

1. Козлов, А.В. *Технология и оборудование холодной гибки тонкостенных труб: моногр.* / А.В. Козлов, А.В. Бобылев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 169 с.
2. Козлов, А.В. Влияние холодной гибки с раскатыванием на толщину стенок изгибаемой трубы / А.В. Козлов, В.Г. Шеркунов // *Вестник МТГУ им. Г.И. Носова.* – 2009. – № 3. – С. 32–34.
3. Козлов, А.В. Компьютерное моделирование процесса гибки труб с раскатыванием / А.В. Козлов, В.Г. Шеркунов // *Вестник ТГУ.* – 2009. – С. 11–15.
4. Кулагин, В.А. Улучшение теплофизических характеристик тепловых труб / В.А. Кулагин, Н.Ю. Соколов // *Журнал Сибирского федерального университета.* – Красноярск: Изд-во СФУ. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 372–376. DOI: 10.17516/1999-494X-2017-10-3-372-376
5. Липовка, Ю.Л. Некоторые теоретические стороны расчета температурных деформаций подземных бесканальных теплопроводов / Ю.Л. Липовка, В.И. Белиловец // *Журнал Сибирского федерального университета.* – Красноярск: Изд-во СФУ. – 2016. – Т. 9, № 4. – С. 546–562. DOI: 10.17516/1999-494X-2016-9-4-546-562
6. Халиулин, Е.В. Станок для гибки труб из титановых сплавов / Е.В. Халиулин, А.В. Козлов // *Наука ЮУрГУ: материалы 69-й науч. конф.* – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2017. – С. 545–549.
7. Astashkin, V. Polymer composite rational application field in the gas-escape channel construction of industrial chimneys and ventilation pipes / V. Astashkin, S. Shmatkov, A. Shmatkov // *International conference on industrial engineering, ICIE 2016.* – Chelyabinsk: Procedia Engineering, 2016. – P. 1701–1708.
8. Chinyaev, I.R. The valve is a shutoff for the passive protection systems of pipelines / I.R. Chinyaev, A.V. Fominykh, E.A. Ilinykh // *International conference on industrial engineering, ICIE 2016.* – Chelyabinsk: Procedia Engineering, 2016. – P. 220–224.
9. Fomenko, N.A. High pressure piping of tractive transport vehicles / N.A. Fomenko, S.V. Aleksov, S.G. Artyomova // *International conference on industrial engineering, ICIE 2016.* – Chelyabinsk: Procedia Engineering, 2016. – P. 1359–1362.

10. Gaponenko, S.O. Low-frequency vibro-acoustic method of determination of the location of the hidden canals and pipelines / S.O. Gaponenko, A.E. Kondratiev, A.R. Zagretidinov // *International conference on industrial engineering, ICIE 2016*. – Chelyabinsk: *Procedia Engineering*, 2016. – P. 2321–2326.

11. Herrmann, M. State-of-the-art in process simulation of forming processes / M. Herrmann, M. Fiderer, J. Walters // *Papers of the international conference “New developments in forging technology” in fellbach (near Stuttgart)*. – Frankfurt/M.: *MAT-INFO Werkstoff-Informationsgesellschaft*, 2005. – 68 p.

12. Korolev, A.V. Microscip mechanism in raceways and rolling elements of roller bearings / A.V. Korolev, A.A. Korolev // *International conference on industrial engineering, ICIE 2016*. – Chelyabinsk: *Procedia Engineering*, 2016. – P. 497–501.

13. Kozlov, A.V. Stress state in pipe on flexure with internal shairing / A.V. Kozlov, V.G. Sherkunov, Ya.M. Kyilcevich // *Russian engineering reseach*. – New York: *Allerton Press, Inc.*, 2009. – Vol. 29, No. 8. – P. 809–812.

14. Kozlov, A.V. The technology and equipment for cold bending of pipes / A.V. Kozlov, Y. Khilkevich // *The 29th international conference on mechanical engineering: book of conference lecturer*. – Haifa, Israel: *Technion*, 2003. – P. 190–192.

15. Lopatin, B.A. Improved design of machine for cold cutting of oil pipes and gas pipelines / B.A. Lopatin, T.R. Khaziev // *International conference on industrial engineering, ICIE 2015*. – Chelyabinsk: *Procedia Engineering*, 2015. – P. 563–570.

16. *LS-DYNA Theoretical Manual* / compiled by John O. Hallquist. – 1998. – 498 p.

17. Minatsevich, S.P. The design of safety control systems for unattended points of technological communication on oil and gas pipelines / S.P. Minatsevich, A.A. Sharonov, S.S. Borisov // *International conference on industrial engineering, ICIE 2015*. – Chelyabinsk: *Procedia Engineering*, 2015. – P. 266–273.

18. Moskvicheva, E.V. Method of corrosion prevention in steel pressure pipelines in sewerage systems / E.V. Moskvicheva, P.A. Sidyakin, D.V. Shitov // *International conference on industrial engineering, ICIE 2016*. – Chelyabinsk: *Procedia Engineering*, 2016. – P. 2381–2386.

19. Plotnikov, L.V. The influence of cross-profiling of inlet and exhaust pipes on the gas exchange processes in piston engines / L.V. Plotnikov, B.P. Zhilkin, Yu.M. Brodov // *International conference on industrial engineering, ICIE 2016*. – Chelyabinsk: *Procedia Engineering*, 2016. – P. 111–116.

20. Sherkunov, V. The usage of 156 mm diameter continuous cast billets on “140” pipe-rolling plant for pipe production / V. Sherkunov, A. Korsakov // *International conference on industrial engineering, ICIE 2015*. – Chelyabinsk: *Procedia Engineering*, 2015. – P. 886–890.

21. Zakhezina, A.M. Vibration diagnostics of gas pipelines technological equipment using wavelet analysis / A.M. Zakhezina, Y.G. Pryadko // *International conference on industrial engineering, ICIE 2016*. – Chelyabinsk: *Procedia Engineering*, 2016. – P. 300–306.

Халиулин Евгений Велемьянович, инженер, аспирант кафедры «Технологии машиностроения, станков и инструментов», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, evgen7778777@gmail.com.

Козлов Александр Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии машиностроения, станков и инструментов», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, a_kozlov55@mail.ru.

Поступила в редакцию 17 апреля 2018 г.

EVALUATION OF DEFORMATIONS IN CORROSION THINWALLED PIPES AT COLD BENDING WITH ROLLING

Ye.V. Khaliulin, evgen7778777@gmail.com,

A.V. Kozlov, a_kozlov55@mail.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Corrosion-resistant thinwalled pipes are widely applied in aviation, rocket engineering, space engineering, ship building, mechanical engineering, iron&steel and non-ferrous industry, atomic energy, chemical, oil and gas industries and other areas. Pipe bending is one of the key operations of the technological procedure for pipeline part manufacture. Despite this fact, under modern production conditions it is virtually impossible to perform high-quality bending in the cold condition of pipes having the diameters larger than 60–70 mm as it is followed by the phenomena which are undesirable for the further operation: wall thinning on the pipe external side, elongation (flattening) of a cross-section, corrugation and fracture occurrence on the inside of a pipe. The technology for thinwalled pipe bending developed by SUSU eliminates the above-mentioned drawbacks. At the rotation of a burnisher put into a pipe with quite a hard pull, at each point of a rolling annular area an alternating bending occurs when bending stresses reach the yield stress for a short time. Thus, at the application of a relatively small bending strain a moving rolling annular area bends. The article considers the results of the experimental evaluation of deformations in thinwalled pipes at bending with rolling. The authors provide the procedure for the experiment conduct. To conduct experiments, they used a special machine for pipe cold bending with rolling. The method of deformation evaluation is based on the “Net method”. The authors determined the elongation and shortening values for pipe walls involved in bending. The conducted research allowed for the evaluation of the deformation extent and nature in longitudinal and transverse sections of the pipe walls at bending with rolling and, as a result, the authors managed to calculate the specified deformations and pipe wall thinning which is an important operation characteristics.

Keywords: deformation evaluation, thinwalled pipes, pipe bending, special machine, net method.

References

1. Kozlov A.V., Bobylev A.V. *Tekhnologiya i oborudovanie kholodnoi gibki tonkostennykh trub* [Technology and Equipment for Thinwalled Pipe Cold Bending]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2007. 169 p.
2. Kozlov A.V., Sherkunov V.G. [Influence of Cold Bending with Rolling on Bending Pipe Wall Thickness]. *Bulletin of Nosov Magnitogorsk State Technical University (MGTU)*, 2009, no. 3, pp. 32–34. (in Russ.)
3. Kozlov A.V., Sherkunov V.G. [Computer Simulation of Pipe Bending with Rolling]. *Bulletin of TGU*, 2009, pp. 11–15. (in Russ.)
4. Kulagin V.A., Sokolov N.Yu. [Improving the of Thermophysical Characteristics of Heat Pipes]. *J. Sib. Fed. Univ. Eng. technol.*, 2017, vol. 10, no. 3, pp. 372–376. (in Russ.) DOI: 10.17516/1999-494X-2017-10-3-372-376
5. Lipovka Y.L., Belilovets V.I. [Some Theoretical Sides of Calculation of Temperature Deformations of Underground Heat Conductors]. *J. Sib. Fed. Univ. Eng. technol.*, 2016, vol. 9, no. 4, pp. 546–562. (in Russ.) DOI: 10.17516/1999-494X-2016-9-4-546-562
6. Khaliulin Ye.V., Kozlov A.V. [Machine for Bending of Titanium Alloy Pipes]. *Nauka SUSU: Materialy 69-y nauchnoy konferentsii* [Science in the South Ural State University: Materials of the 69th Scientific Conference.]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2017, pp. 545–549. (in Russ.)
7. Astashkin V., Shmatkov S., Shmatkov A. Polymer Composite Rational Application Field in the Gas-Escape Channel Construction of Industrial Chimneys and Ventilation Pipes. *International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016*. Chelyabinsk, Procedia Engineering, 2016. pp. 1701–1708.

8. Chinyaev I.R., Fominykh A.V., Ilinykh E.A. The Valve is a Shutoff for the Passive Protection Systems of Pipelines. *International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016*. Chelyabinsk, Procedia Engineering, 2016, pp. 220–224.
9. Fomenko N.A., Aleksikov S.V., Artyomova S.G. High Pressure Piping of Tractive Transport Vehicles. *International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016*. Chelyabinsk, Procedia Engineering, 2016, pp. 1359–1362.
10. Gaponenko S.O., Kondratiev A.E., Zagretdinov A.R. Low-Frequency Vibro-Acoustic Method of Determination of the Location of the Hidden Canals and Pipelines. *International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016*. Chelyabinsk, Procedia Engineering, 2016, pp. 2321–2326.
11. Herrmann M., Fiderer M., Walters J. State-of-the-Art in Process Simulation of Forming Processes. *Papers of the International Conference “New Developments in Forging Technology” in Fellbach (near Stuttgart)*. Frankfurt/M, MAT-INFO Werkstoff-Informationsgesellschaft, 2005. 68 p.
12. Korolev A.V., Korolev A.A. Microscip Mechanism in Raceways and Rolling Elements of Roller Bearings. *International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016*. Chelyabinsk, Procedia Engineering, 2016, pp. 497–501.
13. Kozlov A.V., Sherkunov V.G., Kyilcevich Ya.M. Stress State in Pipe on Flexure with Internal Shaping. *Russian Engineering Reseach*. New York, Allerton Press, Inc., 2009, vol. 29, no. 8, pp. 809–812.
14. Kozlov A.V., Khilkevich Y. The Technology and Equipment for Cold Bending of Pipes. *The 29th International Conference on Mechanical Engineering: Book of Conference Lecturer*. Haifa, Israel, Technion Publ., 2003. pp. 190–192.
15. Lopatin B.A., Khaziev T.R. Improved Design of Machine for Cold Cutting of Oil Pipes and Gas Pipelines. *International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2015*. Chelyabinsk, Procedia Engineering, 2015, pp. 563–570.
16. *LS-DYNA Theoretical Manual*. Compiled By John O. Hallquist, 1998. 498 p.
17. Minatsevich S.P., Sharonov A.A., Borisov S.S. The Design of Safety Control Systems for Unattended Points of Technological Communication on Oil and Gas Pipelines. *International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2015*. Chelyabinsk, Procedia Engineering, 2015, pp. 266–273.
18. Moskvicheva E.V., Sidyakin P.A., Shitov D.V. Method of Corrosion Prevention in Steel Pressure Pipelines in Sewerage Systems. *International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016*. Chelyabinsk, Procedia Engineering, 2016, pp. 2381–2386.
19. Plotnikov L.V., Zhilkin B.P., Brodov Yu.M. The Influence of Cross-profiling of Inlet and Exhaust Pipes on the Gas Exchange Processes in Piston Engines. *International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016*. Chelyabinsk, Procedia Engineering, 2016, pp. 111–116.
20. Sherkunov V., Korsakov A. The usage of 156 mm Diameter Continuous Cast Billets on “140” Pipe-Rolling Plant for Pipe Production. *International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2015*. Chelyabinsk, Procedia Engineering, 2015, pp. 886–890.
21. Zakhezina A.M., Pryadko Y.G. Vibration Diagnostics of Gas Pipelines Technological Equipment Using Wavelet Analysis. *International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016*. Chelyabinsk, Procedia Engineering, 2016, pp. 300–306.

Received 17 April 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Халиулин, Е.В. Оценка деформаций тонкостенных труб из коррозионностойких сталей при холодной гибке с раскатыванием / Е.В. Халиулин, А.В. Козлов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2018. – Т. 18, № 3. – С. 58–67. DOI: 10.14529/engin180307

FOR CITATION

Khaliulin Ye.V., Kozlov A.V. Evaluation of Deformations in Corrosion Thinwalled Pipes at Cold Bending with Rolling. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry*, 2018, vol. 18, no. 3, pp. 58–67. (in Russ.) DOI: 10.14529/engin180307