

УДК 621.774

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ГИБКЕ ТРУБ С РАСКАТЫВАНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОПАРЫ

Е. В. Халиулин¹, А. В. Козлов²

¹evgen7778777@gmail.com, ²kozlov@zb-susu.ru

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет "НИУ"» (ЮУрГУ)

Поступила в редакцию 13 декабря 2013 г.

Аннотация. Приведены результаты измерения температуры при гибке труб с раскатыванием с использованием искусственной термопары. Выявлено влияние на температуру в зоне раскатывания изгибаемой трубы различных видов охлаждения раскатника. По результатам исследования предпочтительно использование смазочно-охлаждающих жидкостей на масляной основе.

Ключевые слова: гибка труб; раскатывание; температура; смазочно-охлаждающие жидкости.

Для рациональной компоновки трубопроводов и других изделий, изготавливаемых из труб, требуется большое количество их криволинейных участков. Гибка труб является одной из основных операций технологического процесса изготовления криволинейных деталей трубопроводов. Однако в современных производственных условиях осуществить качественную гибку труб диаметром более 50 мм в холодном состоянии достаточно сложно. Связано это с тем, что она сопровождается такими нежелательными для последующей эксплуатации явлениями, как утонение стенки на внешней частигиба, сплющивание поперечного сечения, образование гофр и изломов на внутренней частигиба. Основным приемом снижения усилий гибки и повышения пластических свойств материала трубы является нагрев. Однако его применение требует значительных энергозатрат и использования сложного дорогостоящего оборудования.

Разработанная в ЮУрГУ технология гибки тонкостенных труб с раскатыванием устраняет многие из перечисленных выше недостатков. Сущность новой технологии гибки труб с раскатыванием [1] заключается в следующем. При вращении раскатника (рис. 1), заведенного в трубу с достаточно большим натягом, в каждой точке кольцевой зоны раскатывания возникает знакопеременный изгиб, при котором изгибные напряжения кратковременно достигают предела текучести σ_T . В результате при приложении относительно небольшого изгибающего усилия происходит гибка в перемещающейся кольцевой зоне раскатывания.

Опыт показывает, что процесс гибки с раскатыванием (см. рис. 1) неразрывно связан с выделением тепла в зонегиба. Причины его возникновения, характер распределения, а также процессы теплообмена между элементами технологической системы в зоне деформаций еще недостаточно изучены.

Пластическое течение металла при гибке с раскатыванием представляет собой сдвиг одной части материала трубы по отношению к другой, что является основной причиной выделения тепла в зонегиба [2]. Весьма сложным является вопрос о его распределении. Неравномерность распределения тепла по сечению трубы обусловлена как различной интенсивностью деформаций в разных участках сечения, так и теплообменом с элементами оснастки станка (раскатным инструментом, роликом-шаблоном и т. д.).

Компьютерное моделирование, проведенное в среде FormingSFM 8.0, показало (рис. 2, 3) наличие узкозонального нагрева в плоскости вращения деформирующих элементов раскатного инструмента. Каждый деформирующий элемент образует вокруг себя локальную зону нагрева с максимальной температурой в зоне деформаций. В зонах между деформирующими элементами также имеет место образование пластических шарниров, которые приводят к нагреву, хотя и в меньшей степени, чем в зонах контакта деформирующих элементов с трубой.

Хорошо видно воздействие оснастки на процесс распределения теплоты в технологической системе (см. рис. 2, 3).

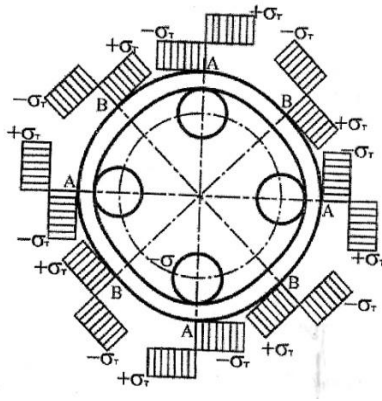
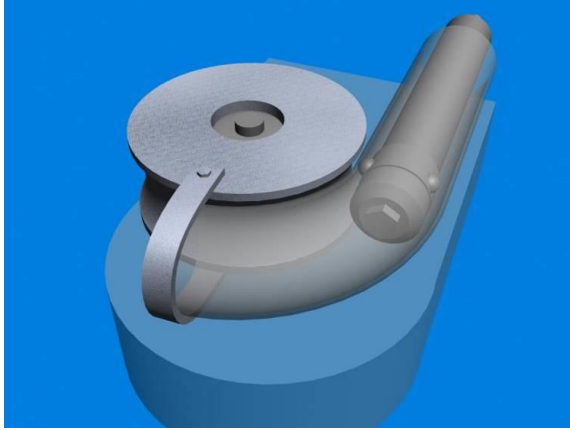


Рис. 1. Гибка труб, раскатываемых с большими натягами

В ходе гибки ролик-шаблон наматывает изгибаемую трубу, создавая тем самым плотный контакт ложемента ролика и внутренней стенки трубы. Это обеспечивает постоянный теплоотвод от этой частигиба, и поэтому температура здесь несколько ниже, чем на внешней стенке.

Проведенные исследования тепловых явлений показали, что под воздействием температуры протекают процессы определенного изменения свойств материала. В то же время вряд ли нагрев трубы до 200° существенно влияет на характер ее деформации, кроме случаев гибки труб из жаростойких и нержавеющей сталей. Наиболее важным является установление оптимального теплового режима, обеспечивающего наибольшую стойкость раскатного инструмента и правильный подбор режима охлаждения [3].

В связи с этим была проведена серия экспериментов для определения температурных характеристик при гибке тонкостенных труб $\text{Ø}20 \times 1,5$ мм из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т, в ходе которых замерялась температура в зонах раскатывания (рис. 4) двумя искусственными термопарами (хромель – копель).

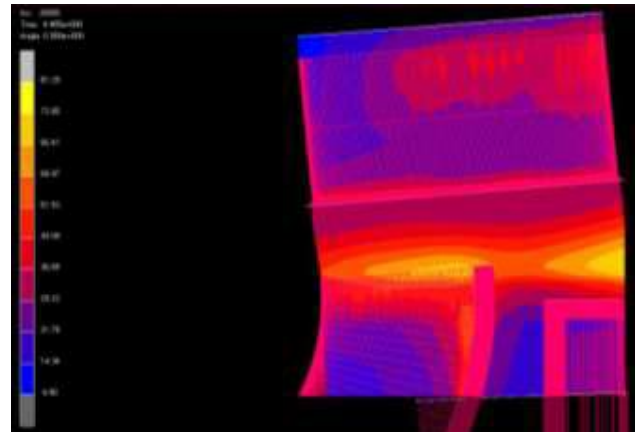


Рис. 2. Распределение теплоты в стенках трубы в зоне раскатывания

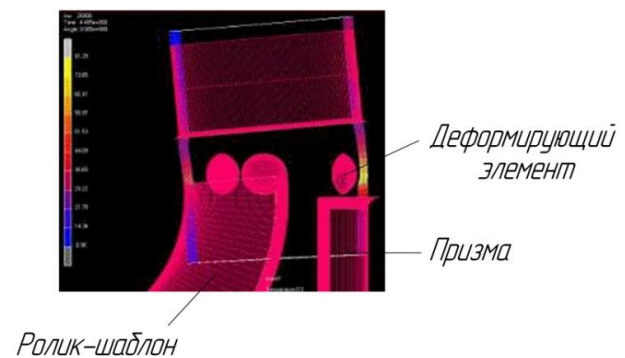


Рис. 3. Распределение теплоты в элементах технологической системы

В процессе гибки зона раскатывания равномерно проходила точки 1–9 (рис. 5), расположенные вдоль трубы, и по мере их прохождения через зону раскатывания замерялась температура (см. табл.). Для выявления влияния СОЖ на температурные характеристики процесса эксперимент проводился с тремя типами смазочно-охлаждающих жидкостей: вода, эмульсия ВВЛК-1 (ТУ 0258-006-53855500-06) и масло ВОЛТЕС МГ (ГОСТ 17216-2001).

Перед началом процесса гибки шарики раскатной головки расположены в точке 1. В процессе гибки термопары последовательно проходят точки с первой по девятую, что составляет расстояние, равное 40 мм (см. рис. 4–6). Результаты измерений приведены в таблице и на рис. 7–12.

Проведена аппроксимация результатов измерений для получения усредненных величин кривых графика с целью упрощения проведения дальнейших расчетов и исследований.

Анализируя полученные результаты и сравнивая смазочно-охлаждающее воздействие воды, эмульсии и масла на температуругиба, можно сделать следующие выводы.

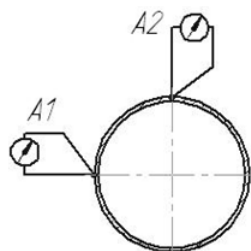


Рис. 4. Схема установки термопар

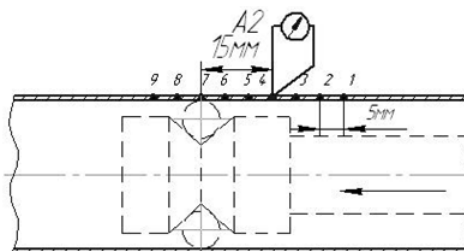


Рис. 5. Расположение точек измерения



Рис. 6. Установка для гибки мелкокоразмерных труб с применением термопар

Таблица

Зона измерения	Вид охлаждения	Температура T , °C
Размеры трубы $D \times H = \text{Ø } 20,5 \times 1,25$ мм		
A1	вода	31, 44, 53, 64, 63, 71, 89, 92, 96
	эмульсия	57, 61, 63, 66, 70, 76, 83, 87, 93
	масло	36, 37, 38, 40, 47, 52, 60, 66, 71
A2	вода	33, 38, 43, 52, 63, 74, 81, 97, 101
	эмульсия	58, 61, 65, 70, 72, 78, 85, 92, 95
	масло	36, 36, 40, 42, 44, 48, 53, 60, 63

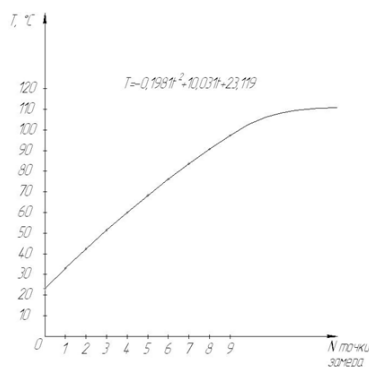


Рис. 7. Зона измерения A1 (вид охлаждения – вода)

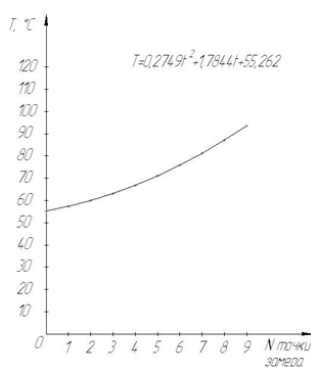


Рис. 8. Зона измерения A1 (вид охлаждения – эмульсия)

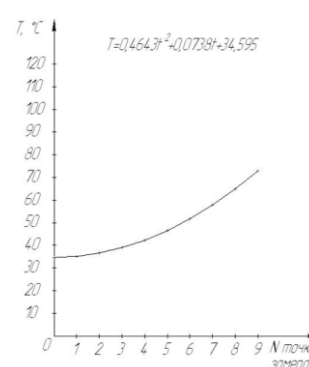


Рис. 9. Зона измерения A1 (вид охлаждения – масло)

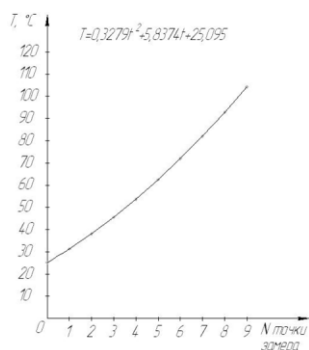


Рис. 10. Зона измерения А2
(вид охлаждения – вода)

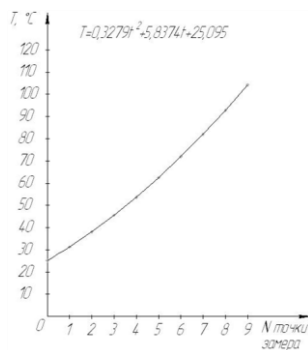


Рис. 11. Зона измерения А2
(вид охлаждения – эмульсия)

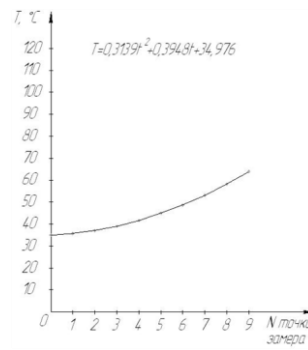


Рис. 12. Зона измерения А2
(вид охлаждения – масло)

При измерении температуры при гибке труб с раскатыванием с использованием термопары, нами установлено, что применение масла наиболее эффективно, так как оно смазывает трущиеся поверхности трубы и раскатника, заметно уменьшая трение. Эмульсия обладает качествами, несколько уступающими маслу по смазывающему воздействию, но является более дешевым средством. Вода, обеспечивая наилучший теплоотвод, практически не снижает трения в зоне контакта инструмента и детали. Следовательно, при гибке труб с раскатыванием желательно использовать смазочно-охлаждающие жидкости на масляной основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов А. В., Бобылев А. В. Технология и оборудование холодной гибке тонкостенных труб: монография. Челябинск: ЮУрГУ, 2007. 169 с. [А. В. Kozlov, А. В. Bobyliv, *Technologija i oborudovanie cholojnoj gibki tonkostennyh trub*, (in Russian): monograph. Chelyabinsk: Southern Ural state university SUSU, 2007.]
2. Козлов А. В., Бобылев А. В. Изучение тепловых явлений при гибке труб с раскатыванием. Рубцовск: Рубцовский технол. ин-т, 2000. С. 118–120. [А. В. Kozlov, А. В. Bobyliv, *Studying of the thermal phenomena at are flexible pipes with a raskatyvaniye*, (in Russian). Rubtsovsk: RTI, 2000, pp. 118-120.]
3. Козлов А. В., Бобылев А. В. Особенности холодной гибки труб из легированных сталей // Вестник КГУ. Серия «Технические науки». 2006. Вып. 2, ч. 1. С. 190–192. [А. В. Kozlov and А. В. Bobyliv, "Features cold are flexible pipes from alloyed by the staly," (in Russian), *Vestnik KGU*. Technical science series, issue. 2, part 1, pp. 190-192, 2006.]

ОБ АВТОРАХ

ХАЛИУЛИН Евгений Велемьянович, асп. каф. технологии машиностроения, станков и инструментов. Дипл. инж.-технол. (ЮУрГУ, 2011). Готовит дис. о холодной гибке труб из нержавеющей и титановых сталей и сплавов.

КОЗЛОВ Александр Васильевич, проф. каф. технологии машиностроения, станков и инструментов. Дипл. инж.-технол. (ЮУрГУ, 1978). Д-р техн. наук (ЮУрГУ, 2010). Иссл. в обл. холодной гибки труб, обработки отверстий мерными инструментами.

METADATA

Title: Thermocouple temperature measuring pipe bending.

Authors: E. V. Haliulin¹, A. V. Kozlov².

Affiliation: Southern Ural State University (SUSU), Russia.

Email: ¹evgen7778777@gmail.com.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 18, no. 3 (64), pp. 93-96, 2014. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: The findings of thermocouple temperature measuring pipe bending are reported. It was founded the influence over the temperature in the bending zone of different types of roll burnisher cooling. Based on the research findings coolant oil lubricant is preferential.

Key words: Pipe bending; rolling; temperature; coolant-oil lubricant.

About authors:

HALIULIN, Eugeni Velemjanovitch, Ph.D Engineering techniques department. Dipl.-industrial engineer (SUSU, 2011). Disserting the dissertation on cold pipe bending of stainless and titanic steel and alloys.

KOZLOV, Alexander Vasilievitch, professor of Engineering techniques department. Dipl.-industrial engineer (SUSU, 1978), Doctor of engineering (SUSU, 2010). Research in cold pipe bending and inside diameter tooling with measurement tools.