

Технические науки

ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ГИБКЕ ТРУБ С РАСКАТЫВАНИЕМ

Чумичёв А.В., Козлов А.В., Халиулин Е.В.

Филиал ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский
государственный университет»(национальный исследовательский университет),
Златоуст, e-mail: evgen7778777@gmail.com

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 40 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 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 так же процессы теплообмена между элементами технологической системы в зоне деформаций ещё недостаточно изучены [1].

Как известно, пластическое течение металла при гибке с раскатыванием представляет собой сдвиг одной части кристаллов вещества по отношению к другой, что является основной причиной выделения тепла в зонегиба [2]. Весь-

ма 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.).

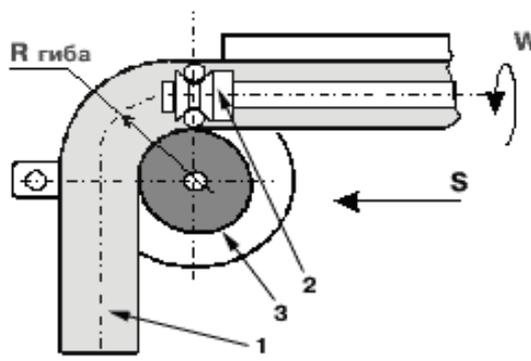


Рис. 1. Схема гибки труб с раскатыванием:
1 – труба, 2 – раскатной инструмент, 3 – гибочный ролик

Моделирование, проведенное в среде Forming SFM 8.0, показало (рис. 2, 3) наличие узкозонного нагрева в плоскости вращения деформирующих элементов раскатного инструмента. Каждый деформирующий элемент образует вокруг себя локальную зону нагрева с максимальной температурой для всего процесса гибки. Между деформирующими элементами происходит снижение температуры, но скорость охлаждения не достаточна для образования закалочных структур, что подтверждают исследования микроструктуры металла. Это объясняется образованием в зонах между деформирующими элементами, пластических шарниров, которые дают нагрев, хотя и в меньшей степени, чем в зонах действия деформирующих элементов.

Хорошо видно воздействие оснастки на процесс распределения теплоты в технологической системе (см. рис. 2, 3). В ходе гибки ролик-шаблон наматывает изгибаемую трубу, создавая тем самым плотный контакт ложемент ролика и внутренней стенкигиба трубы. Это обеспечивает постоянный теплоотвод от этой частигиба и поэтому температура здесь несколько ниже, чем на внешней стенке. Такая неравномерность распределения теплоты объясняется технологическими причинами – раскатка должна свободно деформировать поперечное сечение трубы для её гибки, поэтому в отличие от аналогичных типов оборудования опорная призма в нашем случае остается неподвижной и не контактирует с зоной воздействия раскатника, а следовательно и не отводит тепло с наружной стенкигиба.

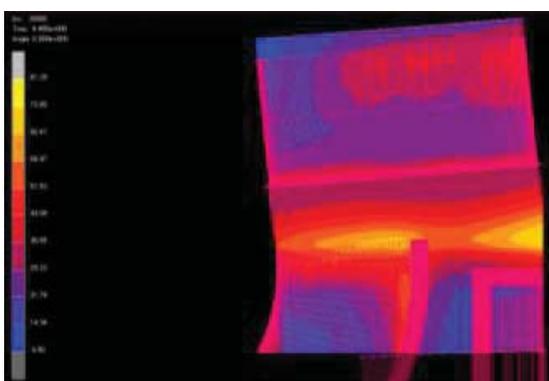


Рис. 2. Распределение теплоты в стенках трубы в зоне раскатывания

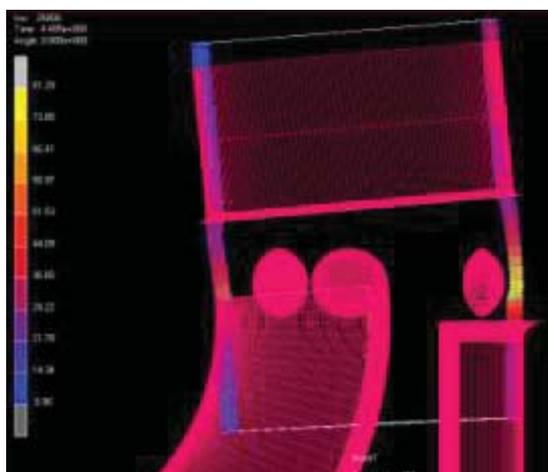


Рис. 3. Распределение теплоты в элементах технологической системы

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. В этом случае важным является установление опти-

мального теплового режима, обеспечивающего наибольшую стойкость раскатного инструмента и правильный подбор режима охлаждения [3].

В связи с этим для определения температурных характеристик при гибке тонкостенных труб из нержавеющей стали была проведена серия экспериментов, в ходе которых замерялась температура в зонах раскатывания, показанных на рис. 4, двумя искусственными термопарами. 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. таблицу). Для выявления влияния СОЖ на температурные характеристики процесса эксперимент проводился с тремя типами охлаждающих жидкостей: вода, эмульсия и масло. Результаты измерений приведены в таблице и на рис. 6–10.

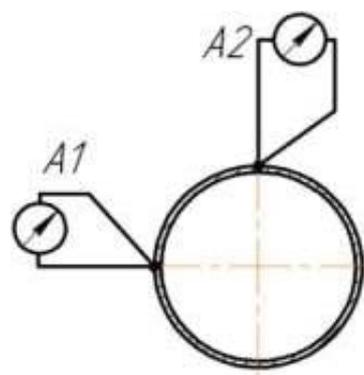


Рис. 4. Схема установки термопар

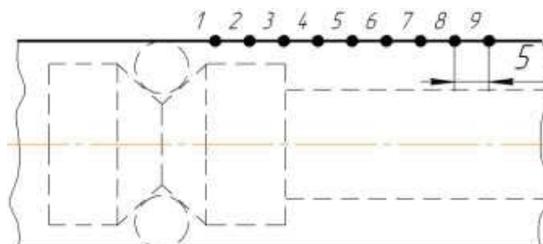


Рис. 5. Расположение точек измерения

Анализируя полученные результаты и сравнивая охлаждающее воздействие воды, эмульсии и масла на температуругиба можно сделать следующие выводы. Масло действует наиболее эффективно, так как смазывает трущиеся поверхности трубы и раскатника, заметно уменьшая трение, но оно дороже и сложнее в использовании. Эмульсия обладает качествами, несколько уступающими маслу по смазывающему воздействию, но является более дешёвым 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.

Таблица

Размеры трубы D×H, мм	Зона измерения	Вид охлаждения	Температура T, °C	Зона измерения	Вид охлаждения	Температура T, °C
Ш20,5×1,25	A1	Вода	31	A2	Вода	33
			44			38
			53			43
			64			52
			63			63
			71			74
			89			81
			92			97
			96			101
		Эмульсия	Эмульсия		58	
					61	
					65	
					70	
					72	
					78	
		Масло	Масло		85	
					92	
					95	
					36	
					37	
					38	
40						
42						
44						
48						
53						
60						
63						

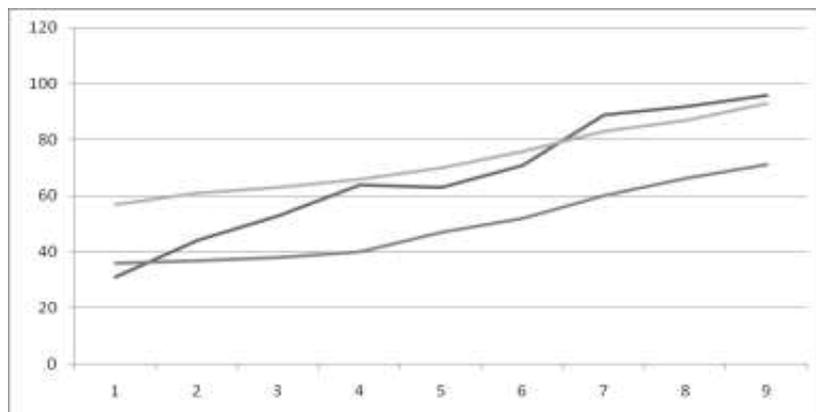


Рис. 6. График изменения температуры в зоне раскатывания (A1)

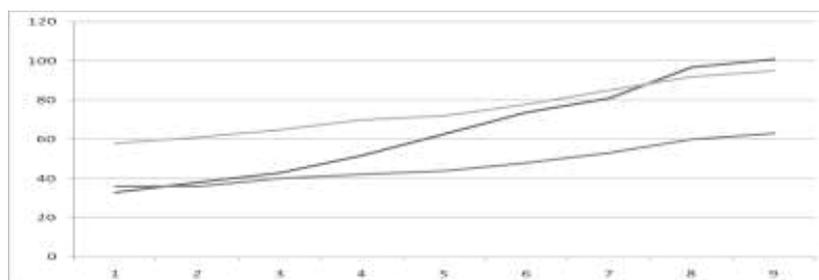


Рис. 7. График изменения температуры в зоне раскатывания (A2)

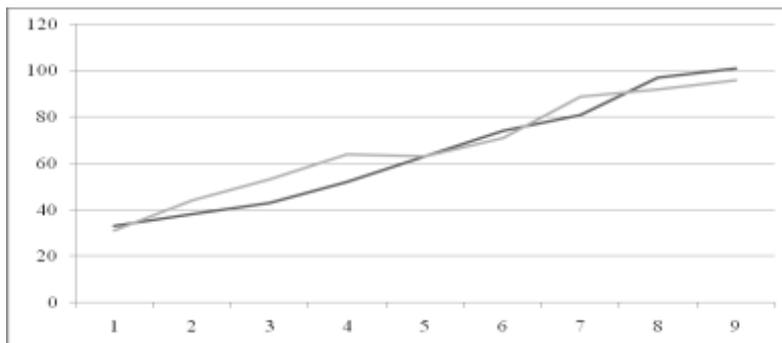


Рис. 8. График зависимости температуры от места измерения, при охлаждении водой

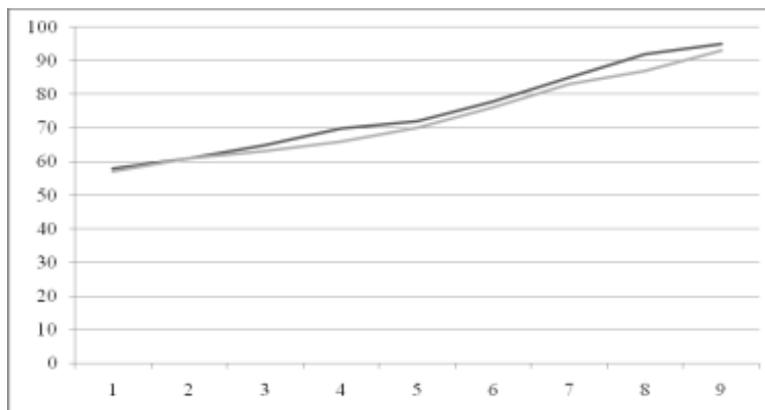


Рис. 9. График зависимости температуры от места измерения, при охлаждении эмульсией

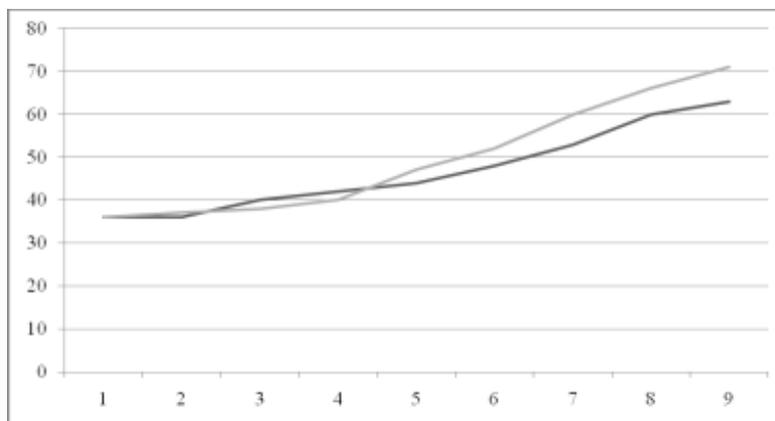


Рис. 10. График зависимости температуры от места измерения, при охлаждении масла

Список литературы

1. Козлов А.В. Технология и оборудование холодной гибки тонкостенных труб / А.В. Козлов, А.В. Бобылев. – Челябинск: ЮУрГУ, 2007. – 169 с.
 2. Козлов А.В. Изучение тепловых явлений при гибке труб с раскатыванием / А.В. Козлов, А.В. Бобылев. – Руб-

цовск: Рубцовский проектно-конструкторский технологический институт, 2000.

3. Козлов А.В. Особенности холодной гибки труб из легированных сталей / А.В. Козлов, А.В. Бобылев // Вестник КГУ. Серия «Технические науки». – Курган: Изд-во КГУ, 2006. – Вып. 2. – Ч. 1. – С. 190–192.