

УДК 621.774.6

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ГИБКЕ ТРУБ С ОБКАТЫВАНИЕМ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОДУЛЯ И ПК

Миронов К.А.¹, Козлов А.В.², Шеркунов В.Г.¹, Суворов А.Л.²¹ Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия² Филиал Южно-Уральского государственного университета (НИУ), Златоуст, Россия

Аннотация. В работе приведены результаты исследований технологии холодной гибки труб с обкатыванием. Разработано приспособление для измерения усилия гибки. С использованием разработанной лабораторной установки и автоматизированного модуля экспериментально определены зависимости изгибающих усилий от технологических режимов гибки.

Ключевые слова: гибка труб; экспериментальные исследования; автоматизированный модуль; лабораторная установка, изгибающие усилия.

Введение

Гибка труб – основная операция технологического процесса изготовления криволинейных деталей трубопроводов. В современных промышленных условиях очень сложно произвести качественную холодную гибку труб диаметром более 60 мм. В Южно-Уральском государственном университете на кафедре технологии машиностроения, станков и инструментов разработана технология холодной гибки труб с обкатыванием. Применение такой технологии позволяет в 2–3 раза снизить усилиягиба, а также полностью исключить сплющивание и уменьшить гофрообразование. Новая технология позволяет сохранять различные виды покрытий, нанесенные на внутреннюю поверхность трубы (рис. 1).

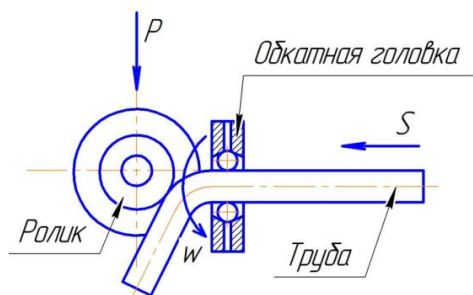


Рис. 1. Схема гибки труб с обкатыванием

В основе данной технологии лежит создание в изгибаемой трубе перемещающейся пластической зоны, в каждой точке которой под воздействием сосредоточенных радиальных сил возникают знакопеременные изгибные напряжения стенок трубы. Схема деформации трубы при ее

обкатывании по наружной поверхности представлена на рис. 2 [1–3].

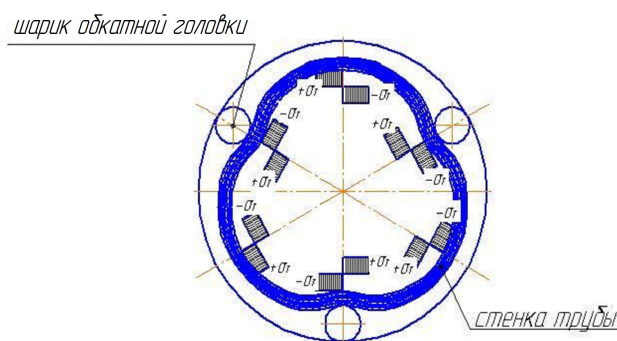


Рис. 2. Схема деформации трубы при обкатывании

Материалы и методы исследования

На начальном этапе исследования теоретически было рассчитано усилие, необходимое для гибки труб без использования обкатного инструмента. Расчеты были произведены на основе известных зависимостей из условия прочности материала трубы [4]. Установлено, что изгиб трубы Ø 60 мм с толщиной стенки 3 мм из стали 20 (ГОСТ 1050-88) начинается при воздействии на неё поперечной силы, равной $P = 23000$ Н.

Для получения экспериментальных данных об усилиях гибки при различных режимах была спроектирована лабораторная установка. Кинематическая схема лабораторной установки показана на рис. 3. Вращение от двигателя 6 через ремённую передачу сообщается червяку 7, червяк, в свою очередь, передает вращение

на червячное колесо, соединенное с цепной передачей 8, которая вращает ходовой винт подачи трубы 9. Главное движение от электродвигателя 5 передается на обкатную головку 1. При помощи прижимного ролика 3 происходит фиксация трубы в направляющей 2 и создается изгибающее усилие. Труба 4 устанавливается в обкатную головку 1, до упора в подающий винт 9. В прижимной механизм был установлен серийный динамометр сжатия модели ДС-3. Разработано приспособление для крепления динамометра на установке (рис. 4).

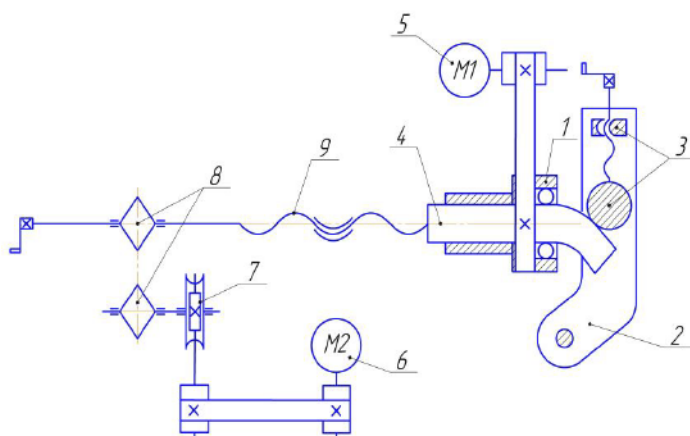


Рис. 3. Кинематическая схема лабораторной установки

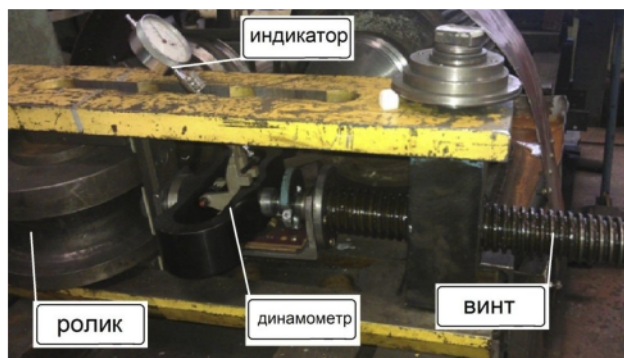


Рис. 4. Динамометр на прижимном ролике

После проведения предварительных экспериментов был выявлен ряд недостатков, в частности отсутствие автоматической записи результатов измерений. Применение автоматизированного устройства регистрации усилия позволило бы решить данную проблему, а также повысить точность измерения.

При разработке автоматизированного модуля были рассмотрены основные аналоги и виды

датчиков, которые в них используются. В предлагаемом устройстве за основу были взяты тензометрические резисторы КФ5П1-10-200, подключенные по схеме «4 активных тензорезистора». Данная схема подключения применима для измерения деформации изгиба. Она термкомпенсирована и исключает температурную погрешность кабеля.

Датчики 2 установлены на скобу динамометра 1 (рис. 5) с использованием клея марки БФ-6. Функциональная схема автоматизированного модуля представлена на рис. 6.

В одну диагональ мостовой схемы подается переменное напряжение номиналом 7,5 В. С другой диагонали моста снимается выходное напряжение (сигнал), зависящее от степени деформации скобы, с наклеенными на нее тензорезисторами. Так как выходной сигнал очень маленький (десятые доли микровольта), в схему встроены операционный усилитель с коэффициентом усиления $K=100$. Далее выходной сигнал подается на линейный вход звуковой платы персонального компьютера. Для стабилизации напряжения в сети используется стабилизатор напряжения модели UPOWER ACH-500 с цифровым дисплеем.

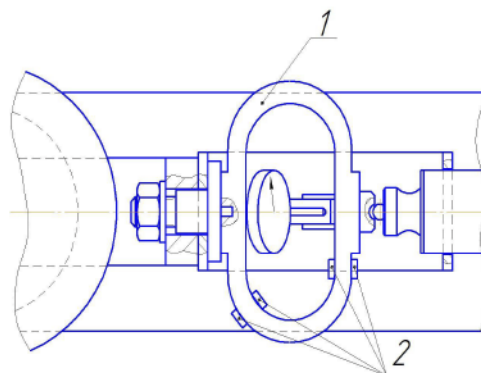


Рис. 5. Схема крепления датчиков

Регистрация изменения выходного сигнала производится с помощью программного обеспечения Power Graph 2.2. Данная программа имеет функцию осциллографа-самописца и позволяет записывать изменения входного сигнала с интервалом до 0,2 с.

При помощи индикатора часового типа и автоматизированного модуля был построен тарировочный график (рис. 7).

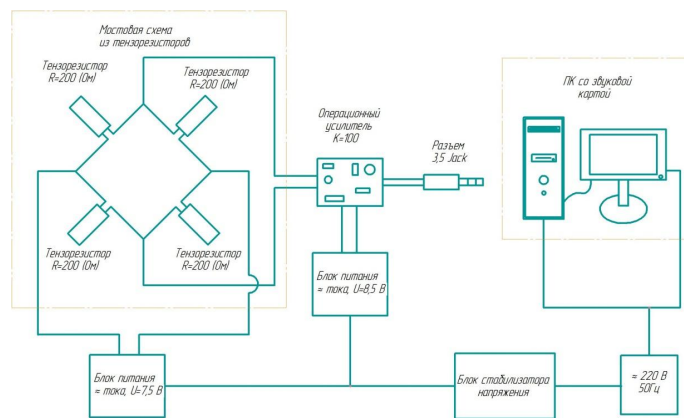


Рис. 6. Функциональная схема автоматизированного модуля

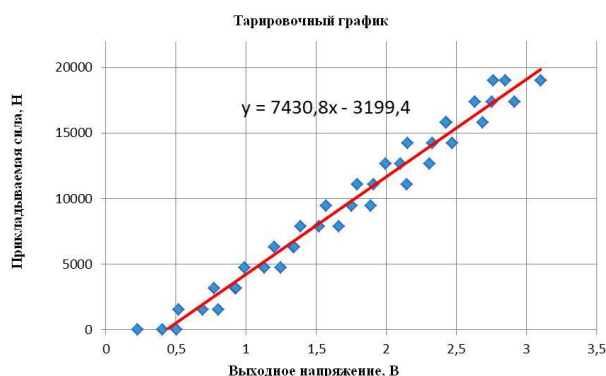


Рис. 7. График зависимости силы, прикладываемой при гибке труб, от выходного напряжения устройства

После установки автоматизированного модуля была проведена серия экспериментов с обкатыванием изгибаемой трубы на различных режимах гибки, главными из которых являются натяг, создаваемый обкатной головкой, и скорость продольной подачи трубы.

В качестве образцов для проведения эксперимента были использованы трубы из стали 20. Геометрические параметры образцов: длина – 1200 мм; диаметр – 60 мм; толщина стенки – 3 мм.

Результаты измерений представлены в таблице и в графическом виде на рис. 8, 9.

Результаты проведения эксперимента

Натяг, мм	Подача, мм/мин	Усилие гибки в установившемся режиме, Н
0,5	50	13500
	60	14200
	70	16500
0,8	50	9400
	60	9600
	70	10100
1	50	9500
	60	9800
	70	10100
1,2	50	9900
	60	10200
	70	11000
1,5	50	10200
	60	10700
	70	11700

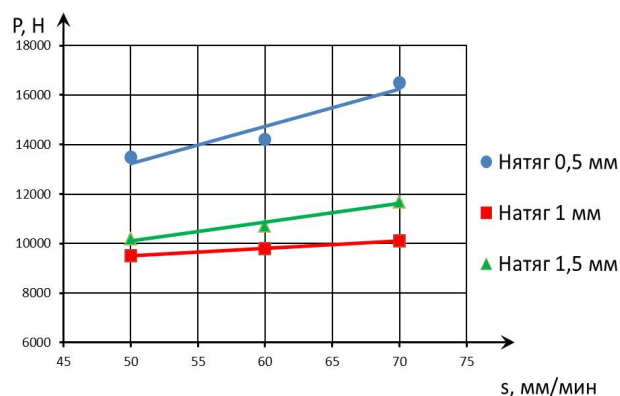


Рис. 8. График зависимости усилия от подачи в установившемся режиме гибки

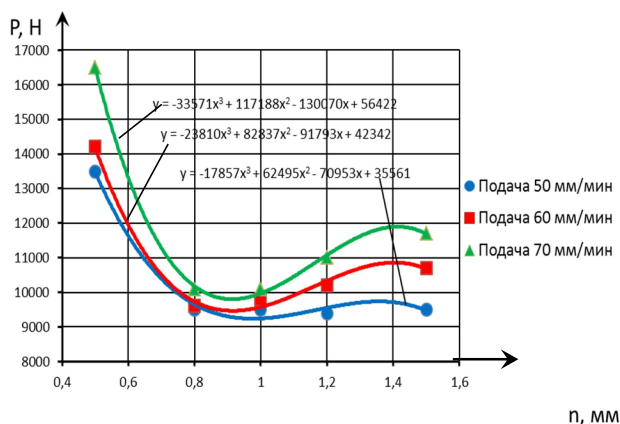


Рис. 9. График зависимости усилия от натяга в установившемся режиме гибки

При проведении серии экспериментов запись показаний производилась с двух приборов: динамометра сжатия, расположенного на установке, и разработанного автоматизированного модуля. После обработки результатов было установлено, что средняя ошибка регистраций показаний с устройства не превышает 2%.

Выводы

Проанализировав полученные данные, можно сделать следующие выводы:

1) усилие гибки при воздействии на трубу обкатного инструмента в 1,3–2,4 раза (в зависимости от режима работы установки) ниже, чем усилие гибки без использования обкатного инструмента;

2) наименьшее усилие гибки достигалось при минимальном значении продольной подачи;

3) при увеличении натяга свыше 1 мм происходит резкое увеличение усилия, которое можно объяснить образованием наплыва (заусенца) на наружной поверхности.

Список литературы

1. Козлов А.В., Бобылев А.В. Технология и оборудование холодной гибки тонкостенных труб: монография. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007.
2. Козлов А.В., Лакирев С.Г., Хилькевич Я.М. Новая технология гибки труб // Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. Челябинск: ЧГТУ, 1993.
3. Козлов А.В., Дерябин И.П. Холодная гибка с воздействием на изгибаемую трубу вращающимся раскатником-обкатником // Надежность и качество в промышленности, энергетике и на транспорте: труды междунар. конф. Самара: СамГТУ, 1999. Ч. 1.
4. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1976.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

THE STUDY OF POWER CHARACTERISTICS DURING PIPE BENDING WITH BURNISHING, USING AN AUTOMATED MODULE AND A PC

Mironov Kirill Andreevich – Postgraduate Student, South Ural State University (NRU), Chelyabinsk, Russia. E-mail: mironovkir@yandex.ru.

Kozlov Alexander Vasilievich – D.Sc. (Eng.), Professor, the Zlatoust branch of the South Ural State University (NRU), Zlatoust, Russia. E-mail: a_kozlov55@mail.ru.

Sherkunov Viktor Georgievich – D.Sc. (Eng.), Professor, South Ural State University (NRU), Chelyabinsk, Russia. E-mail: sherkunovvg@susu.ac.ru.

Suvorov Andrey Leonidovich – Student, the Zlatoust branch of the South Ural State University (NRU), Zlatoust, Russia. E-mail: als_2991@mail.ru.

Abstract. This paper contains studies of pipe cold bending with burnishing. A bending force measuring device was developed. The developed laboratory facility and automated module were used to experimentally determine dependences between bending forces and bending technological modes.

Keywords: Pipe bending, experimental research, automated module, laboratory facility, bending forces.

References

1. Kozlov A.V., Bobylev A.V. *Tekhnologiya i oborudovanie kholodnoj gibki tonkostennykh trub: monografiya* [Technology and equipment for cold bending of thin-walled pipes: a monograph]. Chelyabinsk: Publishing house of SUSU, 2007.
2. Kozlov A.V., Lakirev S.G., Khilkevich Ya.M. A new technology of bending pipes. *Progressivnaya tekhnologiya chistovoj i otdelochnoj obrabotki* [An advanced technology of finishing treatment]. Chelyabinsk: CSTU, 1993.
3. Kozlov A.V., Deryabin I.P. Cold bending, including treatment of pipes with a rotating burnisher. *Nadezhnost' i kachestvo v promyshlennosti, ehnergetike i na transporte: trudy mezhdunarodnoj konferentsii* [Reliability and quality in industry, power engineering and transport: proceedings of the international conference]. Samara: Samara State Technical University, 1999, part 1.
4. Belyaev N.M. *Soprotivlenie materialov* [Strength of materials]. Moscow: Nauka, 1976.

Исследование силовых характеристик при гибке труб с обкатыванием, с использованием автоматизированного модуля и ПК / Миронов К.А., Козлов А.В., Шеркунов В.Г., Суворов А.Л. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. №2. С. 45–48.

Mironov K.A., Kozlov A.V., Sherkunov V.G., Suvorov A.L. The study of power characteristics during pipe bending with burnishing, using an automated module and a PC. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2015, no. 2, pp. 45–48.

УДК 621.9.011: 621.9.019

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ОДНООСНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СТЕРЖНЯ

Трофимов В.Н., Карманов В.В., Панин Ю.В., Корионов М.А.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

Аннотация. В статье рассмотрена возможность применения теоремы о разгрузке для определения остаточных макронапряжений при пластической деформации цилиндрического стержня. С использованием метода рентгеновской дифрактометрии экспериментально определены остаточные напряжения на поверхности стержня. Результаты