

УДК 621.774.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ МЕТОДОМ ФОТОГРАММЕТРИИ НА УЧАСТКЕ КРОМКОГИБОЧНОГО ПРЕССА ЛИНИИ ТЭСА 1420

С.В. Самусев¹, д.т.н., профессор кафедры ТОТП

М.А. Товмасын^{1,2}, аспирант МИСиС, специалист отдела по мат. моделированию ЦИЛ ИТЦ

О.С. Хлыбов², к.т.н., начальник отдела по мат. моделированию ЦИЛ ИТЦ

Л.В. Дроздов², старший калибровщик дивизиона труб большого диаметра

Д.Е. Керенцев², главный специалист отдела по мат. моделированию ЦИЛ ИТЦ

¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (Москва, Россия)

² ОАО «Выксунский металлургический завод» (Выкса, Россия)

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований при использовании новых методов измерений для проведения неконтактных геометрических измерений трубной заготовки на участке подгибки кромок линии 1420. Представлена оценка влияния геометрии кромки трубной заготовки на форму прикромочной зоны после последующих процессов. Перечислены этапы проведения экспериментального исследования. Получены экспериментальные данные в виде координаты точек. Проведен сравнительный анализ результатов измерений геометрии кромки различными методами. Показаны преимущества и перспективы использования метода фотограмметрии при производстве труб большого диаметра.

Ключевые слова: электросварные трубы большого диаметра, деформирующие процессы, подгибка кромок, трубная заготовка, метод фотограмметрии.

E-MAIL: i-margarit@yandex.ru

На ОАО «Выксунский металлургический завод» (ВМЗ) производятся электросварные трубы большого диаметра по UOE и JSOE схемам формовки на линиях 1020 и 1420. В линии 1420 основными деформационными процессами являются: пошаговая подгибка кромок по всей длине на прессе подгибки кромок, пошаговая формовка по ширине на прессе пошаговой формовки, сборка и сварка на сборочно-сварочном стане, пошаговое экспандирование по всей длине на гидромеханическом экспандере и гидроиспытание на гидропрессе (рис. 1).

В процессе формоизменения исходной трубной заготовки участок кромки меняет кривизну при подгибке кромок, при пошаговой формовке (в зависимости от типоразмера трубы), сборке и экспандировании. Отклонение по геометрии кромки трубной заготовки, после первого деформационного процесса, заметно сказывается на геометрии прикромочной зоны после последующих процессов. Отклонения по геометрии кромки влияют на качество сварного соединения и геометрию прикромочной зоны после сборки и сварки. Данные отклонения в дальнейшем приводят к таким дефектам в прикромочной зоне, как смещение продольных кромок, отклонение от теоретической окружности и т.п.

Поскольку деформирующий инструмент имеет кривую, которая позволяет получить трубные заготовки нескольких сортаментов, то можно сделать вывод о том, что кромки трубной заготовки при нагрузке имеют профиль контактных и неконтактных участков, следова-

тельно характер распределения кривизны кромки трубной заготовки и профиля пуансона могут отличаться.

Контроль геометрии кромки производят с помощью шаблона и линейки. Из-за сложного профиля верхнего инструмента кромкогибочного пресса геометрия кромок после разгрузки имеет форму, которую трудно зафиксировать шаблоном. По данным измерениям сложно сделать вывод о наличии отклонений по геометрии и о допустимости данных отклонений.

Отклонения по геометрии кромки трубной заготовки после процесса подгибки кромок возникают по следующим причинам:

- неверные настройки инструмента;
- отклонение по геометрии исходной заготовки;
- неравномерность механических свойств исходной заготовки;
- отклонение по геометрии деформирующего инструмента.

Анализируя ранее сказанное, можно сделать вывод о том, что необходимо проведение исследований по выявлению характера распределения кривизны трубной заготовки.

Проведен ряд аналитических и экспериментальных исследований по установлению геометрических параметров трубной заготовки после подгибки кромок. Деформирующий инструмент пресса подгибки кромок имеет эвольвентный профиль и трубная заготовка при нагрузке облегает верхний инструмент, т.е. подогнутая часть кромки в момент нагрузки в области контак-

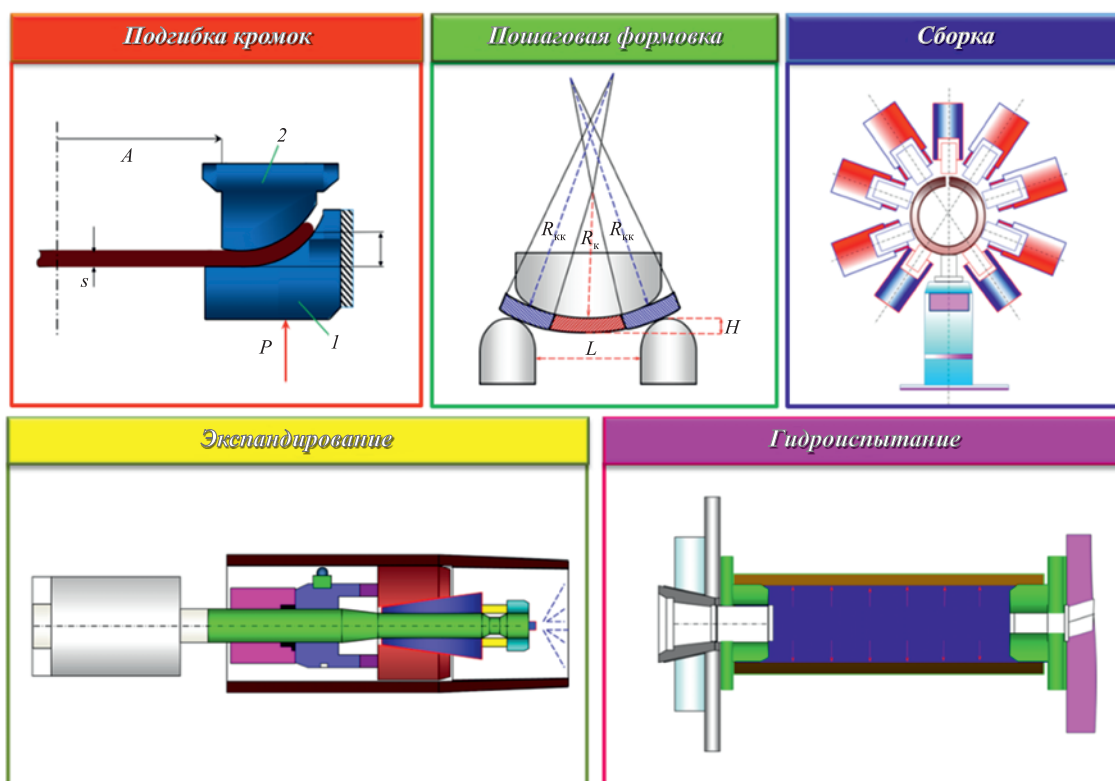


Рис. 1. Основные деформационные процессы в линии ТЭСА 1420 ОАО «ВМЗ»

та имеет профиль эвольвенты. Конечным результатом расчета являлись координаты точек подогнутой кромки после разгрузки [1, 2].

Далее были проведены сравнительные анализы экспериментальных и расчетных данных. Экспериментальные исследования заключались в следующем: фотографирование профиля кромок после снятия нагрузки и обработка фотографии в САD-системе, определение радиуса прикормочной зоны с помощью специального шаблона и высоты с помощью линейки [3].

В условиях цеха сложно получить точные замеры геометрических параметров как ручным способом, так и способом фотографирования. При измерении высоты подгибки вручную погрешность может достигать 10 %, так как после подгибки трубная заготовка находится на последовательно расположенных друг за другом рольгангах, что усложняет процесс измерения вследствие невозможности определения нулевой точки (0; 0). Для того, что бы зафиксировать геометрию кромки на фотоаппарат, необходимо установить штатив параллельно торцу трубной заготовки напротив подогнутой кромки, так как доступ к трубной заготовке ограничен на участке подгибки кромок. Однако не всегда удастся правильно расположить штатив, соответственно и фотоаппарат, в результате усложняется процесс обработки фотографии и возрастает погрешность полученных данных после обработки [4, 5].

На ОАО «ВМЗ» были проведены экспериментальные исследования процессов формоизменения кромок для трубы 813×39 мм на участке кромкогибного

пресса, используя в качестве измерительного оборудования систему фотограмметрии AICON DPA фирмы AICON DPA GmbH. Система фотограмметрии – это портативная координатно-измерительная «машина», которая использует ручную фотокамеру для сбора данных. Система применима как для 2D/3D-контроля компонентов, так и для проведения анализов процессов в 2D/3D.

Одной из проблем при трехмерном сканировании больших объектов является глобальная точность измерения. Потеря точности связана в основном с необходимостью приведения отдельных сканов в единую систему координат (так называемая склейка сканов) [6].

Система фотограмметрии универсальна в отношении размеров объектов и места проведения и покрывает широкий спектр применений. Она может измерять объекты от нескольких миллиметров до множества метров.

Эксперимент проводили на двух заготовках трубы 813×39 мм. Измерение первого листа выполняли для отработки технологии измерения геометрии заготовки в условиях ТЭСЦ-4 ОАО «ВМЗ». Для получения более точных данных о геометрии прикормочной зоны, приварку технологических планок не проводили.

Экспериментальное исследование производили по следующим этапам:

- Нанесение меток и адаптеров на элементы изделия, которые требуются проконтролировать. Количество меток и их расположение относительно друг друга определяли в зависимости от режимов формоизменения. Рас-

стояние между метками в прикромочной зоне в несколько раз меньше, чем в остальной области заготовки.

- Фотографирование объекта. Целевой объект фотографируется с помощью цифровой камеры с матрицей высокого разрешения с разных сторон. Для определения перемещений фотографирование осуществляли до и после деформации.

- Обработка полученных фотографий либо сразу в процессе их получения (онлайн обработка), либо после (офлайн обработка) с помощью программы Rapidform. Эта программа, работающая на обычном ноутбуке, рассчитывает пространственные координаты всех указанных точек (меток).

Расчет основан на принципе пространственной триангуляции (фотограмметрия) и производится полностью автоматически. Предварительная калибровка системы не требуется, так как программа использует интегрированную процедуру одновременно с замером калибровки.

Результатом измерений методом фотограмметрии являются координаты 23 точек. Координата каждой точки соответствует координате центра каждой метки, нанесенной на заготовке. При обработке данных с помощью программного обеспечения выдаются координаты точек в трех направлениях (X ; Y ; Z), расположенных относительно центра реверсивного креста, т.е. центр креста является началом координат (0; 0; 0).

Для дальнейшего анализа результатов эксперимента перевели систему координат относительно трубной

заготовки, где началом координат является середина заготовки. На рис. 2 представлен график распределения координат точек исходного листа и трубной заготовки после подгибки кромок.

На рис. 2 видно, что трубная заготовка после подгибки кромок выпуклая посередине, т.е. координата точки 12 по оси Y находится выше координат точек 5 и 19. Данный факт следует учесть при сравнительном анализе результатов экспериментов.

В табл. 1 сведены данные по результатам экспериментально-аналитических исследований в прикромочной зоне методом фотограмметрии.

Высота подгибки составила 74,06 мм с левой стороны и 74,88 мм с правой стороны (рис. 3). После подгибки кромок вручную замеры высоты подгибки кромки с правой стороны и зафиксировали на фотоаппарат, результаты измерений представлены в табл. 2.

На рис. 4 представлен профиль кромки трубной заготовки, построенный по координатам точек, полученных экспериментальным и аналитическим методами.

Выводы. Проведены исследования формоизменения трубной заготовки в прикромочной зоне методом фотограмметрии.

Представленный метод измерения позволяет определить координаты контура заготовки на всех этапах формоизменения, что необходимо при анализе деформаций и перемещений заготовки при различных деформационных процессах, при верификации методик

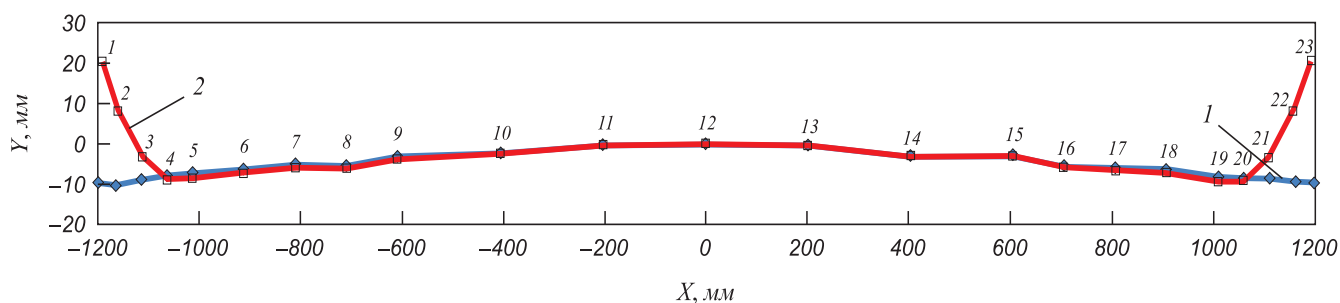


Рис. 2. Распределение координат точек, полученных методом фотограмметрии:
1 – исходная заготовка; 2 – трубная заготовка

Таблица 1

Результаты экспериментально-аналитических исследований в прикромочной зоне методом фотограмметрии

Точка	Координаты точек заготовки в прикромочной зоне с левой стороны					Координаты точек заготовки в прикромочной зоне с правой стороны					Точка
	до подгибки		после подгибки			до подгибки		после подгибки			
	X	Y	X	Y	R	X	Y	X	Y	R	
5	999,45	-8,32	999,36	-9,32		-1000,43	-7,30	-1000,29	-8,43		19
4	1048,86	-8,60	1048,29	-9,19	430	-1050,26	-8,20	-1049,48	-8,76	401	20
3	1099,45	-8,66	1097,11	-3,47	409,3	-1100,35	-8,96	-1097,69	-3,18	408,2	21
2	1149,91	-9,41	1144,89	8,07	409,1	-1150,28	-10,36	-1145,04	8,11	290	22
1	1187,50	-9,57	1179,92	20,56		-1183,81	-9,57	-1175,96	20,3		23

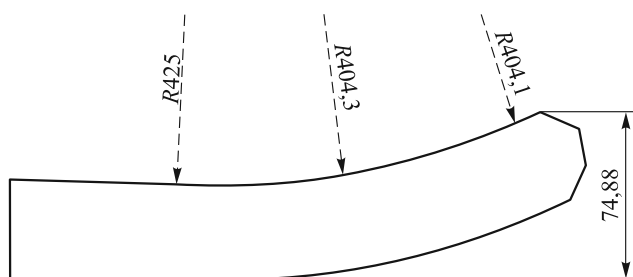


Рис. 3. Геометрия кромки трубной заготовки с правой стороны после разгрузки

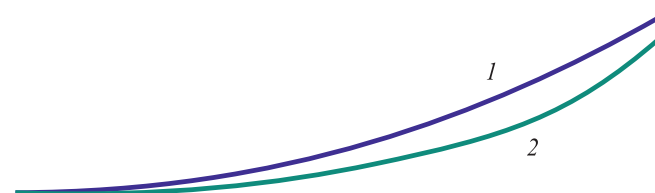


Рис. 4. Профиль кромки трубной заготовки после подгибки кромок: 1 – аналитический расчет; 2 – метод фотограмметрии

Таблица 2

Высота подгибки кромок

Метод измерения	Высота, мм	Погрешность	
		мм	%
Фотограмметрический	74,88	0	0
Ручной	80	5,12	6,8
Фотографирование и обработка CAD	73,5	1,38	1,7
Аналитический расчет	76,7	1,82	2,4

расчета формоизменения трубной заготовки, при разработке режимов формоизменения трубной заготовки, при разработке и проектировании сменного формующего инструмента, пуансонов, матриц, байков и др.

Проведены измерения координат, точек по всей ширине исходной и трубной заготовки после подгибки кромок. Результаты экспериментального исследования

показывают возможность применения данного метода для оценки влияния отклонения по геометрии исходной заготовки на геометрию трубной заготовки после подгибки кромок, что в дальнейшем позволит ужесточить требования к исходной заготовке, внести корректировки по режимам формоизменения и пересмотреть методы оценки точности по геометрии после формовки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самусев С.В., Романцов А.И., Жигунов К.Л. и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2012. № 1. С. 26 – 29.
2. Jai Dev Chandel, Nand Lal Singh // Engineering (India). 2011. No. 3. С. 400 – 410.
3. Самусев С.В., Романцов А.И., Жигунов К.Л. и др. // Производство проката. 2011. № 10. С. 20 – 28.
4. FAN Lifeng, GAO Ying, LI Qiang. // Chinese journal of mechanical engineering. 2012. No. 4. С. 256 – 265.
5. Самусев С.В., Люскин А.В., Романцов А.И. и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2013. № 3. С. 20 – 22.
6. Самусев С.В., Товмасын М.А., Хлыбов О.С. и др. // Производство проката. 2014. № 2. С. 40 – 42.

© 2014 г. С.В. Самусев, М.А. Товмасын, О.С. Хлыбов, Л.В. Дроздов, Д.Е. Керентцев
Поступила 1 октября 2013 г.

EXPERIMENTAL RESEARCH PHOTOGRAMMETRY METHOD FOR THE FORMING OF PIPE BILLET ON THE EDGE-BENDING PRESS SECTOR OF THE LINE TESA 1420

S.V. Samusev¹, Dr. Eng., Professor
M.A. Tovmasyan^{1,2}, Postgraduate, Specialist of the Department of mathematical modeling
O.S. Hlybov², Cand. Eng., Head of the Department of mathematical modeling
L.V. Drozdov², Senior Division calibrator of pipes with large diameter
D.E. Kerentsev², Chief Specialist of the Department of mathematical modeling

¹ National University of Science and Technology “MISIS” (MISIS) (Moscow, Russia)

² OJSC “Vyksa metallurgical plant” (Vyksa, Nizhny Novgorod region, Russia)

E-MAIL: i-margarit@yandex.ru

Abstract. The results of experimental studies are shown using new measurement techniques for non-contact measurements of geometric billets on edge-bending press sector of the line 1420. The estimation of the influence of geometry on the edge of the pipe blank form to the marginal zone after subsequent processes is described. The article lists

the steps of the pilot study. The experimental data is shown as coordinate points. A comparative analysis of the results of measurements of edges geometry was made in various ways. The advantages and a perspective of photogrammetry are described for the production of large diameter pipes.

Keywords: electric-welded pipes of large diameter, deforming processes, crimping forming, pipe billet, method of photogrammetry.

REFERENCES

1. Samusev S.V., Romancov A.I., Zhigunov K.L. etc. *Izv. VUZov. Chernaja metallurgija*. 2012. № 1. Pp. 26 – 29.
2. Jai Dev Chandel, Nand Lal Singh. *Engineering (India)*. 2011. № 3. Pp. 400 – 410.
3. Samusev S.V., Romancov A.I., Zhigunov K.L. etc. *Proizvodstvo prokata*. 2011. № 10. Pp. 20 – 28.
4. FAN Lifeng, GAO Ying, LI Qiang. *Chinese journal of mechanical engineering*. 2012. № 4. Pp. 256-265.
5. Samusev S.V., Ljuskin A.V., Romancov A.I. etc. *Izv. VUZov. Chernaja metallurgija*. 2013. № 3. Pp. 20 – 22.
6. Samusev S.V., Tovmasjan M.A., Hlybov O.S., Drozdov L.V. *Proizvodstvo prokata*. 2014. № 2. Pp. 40 – 42.

Received October 1, 2013