c - высота конуса.

Приведя ось конуса к оси вращения валка и выразив из уравнения (17) значение z, получим

$$z = \frac{h}{2} + R - R\sqrt{\frac{(s + c_0 - y)}{s^2} - \frac{x^2}{R^2}}, \qquad (18)$$

где s - высота конуса, равная $s = R \cdot (\frac{B_0 - A_0}{H_0})$.

Выразив из уравнения (18) значение x и подставив вместо y и z значения y_A и z_A, получим координату x_A

$$x_A = \sqrt{\frac{R^2(s + c_0 - y_A)^2}{s^2} - (R + \frac{h}{2} - z_A)^2} = l_A. \qquad (19)$$

Полученные аналитические выражения используются при решении задач определения формоизменения и энергосиловых параметров прокатки в фасонных калибрах с применением вариационных принципов механики сплошных сред.

Выводы

Приведена методика аналитического определения геометрических параметров очага деформации при прокатке фланцевых профилей в калибрах с открытыми ручьями. Путем совместного решения уравнений поверхностей вращения валков и плоских поверхностей заготовки с использованием среды MathCAD получены общие аналитические выражения для расчета координат граничных точек очага деформации. Методика может быть использована при создании универсальной математической модели прокатки фасонных профилей.

Список литературы: 1. Производство облегченных профилей / [Макаев С.В., Винокуров И.Я., Мерекин Б.В. и др.]. – Свердловск : Металлургиздат, 1962. – 215 с. 2. Гавриленко Е.Д. Исследование течения металла в очаге деформации при прокатке швеллеров / Е.Д. Гавриленко, Н.Ф. Грицук // Обработка металлов давлением : сб. науч. тр. – Харьков : УкрНИИмет, 1972. – С. 23–26. 3. Илюкович Б. М. Анализ формы очага деформации при прокатке угловых профилей в развернутых калибрах / Б. М. Илюкович, С. В. Ершов, М. Н. Штода // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2002. – № 1. – С. 37–40.

Поступила в редколлегию13.06.2009

УДК 621.771.63

ТРИШЕВСКИЙ О.И., докт. техн. наук, проф., ХНТУСХ им. П. Василенко,
ПЛЕСНЕЦОВ С.Ю., студент, НТУ «ХПИ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗГИБА МЕТАЛЛА НА 180^0 И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ

Разработанный на кафедре «Обработка металлов давлением» НТУ «ХПИ» для оцифровки графических данных, программный комплекс «Farseer» обеспечивает погрешностью замеров, не превышающую 5,2%. Впервые получены значения коэффициента f, определяющего форму расчетно-экспериментальных графиков деформаций для различных соотношений геометрических параметров места изгиба на 180^0.

Program complex “Farseer”, designed in “Press metal forming” department of NTU”KhPI” for digitations of graphical data, provides errors of calculation less then 5,2%. The values of coefficient f, which defines the geometric form of calculative-experimental graphs of deformations for different ratio of geometric parameters of place of 180-degree bending, were received at first time.

Исследования напряженно-деформированного состояния металла при его пластическом формоизменении имеют большое значение для большинства процессов обработки металлов давлением. Особенно актуален этот вопрос при исследовании сложных технологических процессов.

Экспериментальные исследования мест изгиба на 180^0 специальных профилей осуществляли для подтверждения правильности результатов теоретического анализа, а также получения дополнительных сведений, необходимых при разработке и проектировании технологических процессов и оборудования, предназначенных для производства профилей с элементами изгиба на 180^0. Для освоения производства и поставок специальных гнутых профилей большое значение имеют исследования их уровня качества и потребительских свойств.

Цель работы – опробование цифровых методов визуализации и анализа данных при проведении экспериментальных исследований деформированного состояния листового металла, подогнутого на 180^0.

Для исследования пластического формоизменения металла широкое распространение получили геометрические методы экспериментального анализа. Основой для этой группы методов является измерение геометрических размеров элементов тела до и после деформации. Наиболее известным из них является метод делительных (координатных) сеток [1, 2–4]. Этот метод предполагает нанесение системы рисок или других меток, последующую регистрацию изменения их взаимного расположения и на этой основе определение перемещений, деформаций и т.п.

Развитие цифровых компьютерных технологий и техники (ПК, сканеров с большим разрешением и т.п.) позволяют продолжить совершенствование геометрических методов исследования при создании новых технологических процессов по двум направлениям:

1) Оцифровка опубликованных экспериментальных данных, представляющих интерес для научных исследований и представленных в виде таблиц или графиков в различных источниках научно-технической информации. Это, по существу, ценные базы данных, использование которых ограничено в силу представленных форматов иллюстраций, масштабов шкал и т.п. Оцифровка подобных экспериментальных баз данных позволит автоматизировать процедуры выборки необходимых числовых данных для их последующего сравнения с полученными новыми экспериментальными данными или результатами математического моделирования процессов.

2) Использование цифровых методов для визуализации и анализа результатов современных экспериментальных исследований с широким использованием возможностей ПК.

Отбор проб, заготовок и образцов от исходных материалов для проведения экспериментальных исследований осуществляли в соответствии с ГОСТ 7564. Моделирование изгиба в валках осуществляли испытаниями на изгиб – по ГОСТ 14019 на универсальной испытательной машине УИМ-50 М (рис. 1). Метод исследования деформированного состояния участков изгиба профилей по результатам моделирования изгиба образцов [5] весьма прост, достаточно точен и надёжен. Поэтому он был использован в данной работе.

Для исследования деформаций по толщине выполняли замеры исходных и деформированных образцов с помощью инструментального микроскопа БМИ при 30-ти кратном увеличении (рис. 2). Толщину металла измеряли по дуге места изгиба на 180^0. Те же замеры осуществлялись на ПК по сканированным изображениям (разрешение 1200 dpi.) с использованием разработанного на кафедре «Обработка металлов давлением» НТУ «ХПИ» программного комплекса «*Farseer*».

Рисунок 1 – Изгиб образцов по ГОСТ 14019 на УИМ 50М

Рисунок 2 - Замеры образцов на инструментальном микроскопе БМИ

Поскольку количественные результаты, полученные при проведении экспериментальных исследований, содержат погрешность, включающую ошибки измерений и используемой аппаратуры, проведена проверка точности полученных экспериментальных данных. Точность и приемлемость экспериментальных данных определяли по методикам, приведенным в работах [6–18]. Точность использовавшегося цифрового метода оценивалась сопоставлением результатов замеров толщин (S) концевых мер (0,5мм, 1,0мм, 1,5мм, 2,0мм, 2,5мм, 3,0мм) с помощью инструментального микроскопа БМИ и программного комплекса «*Farseer*». Результаты оценки точности в виде абсолютных отклонений (Δ_1, мм) и относительных погрешностей (Δ_2, %) приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты оценки точности замеров концевых мер на БМИ и на сканере (разрешение 1200 dpi) с использованием программного комплекса «*Farseer*»

S, мм	Результаты анализа отклонений по толщине (S) концевых мер					
	БМИ		Сканер		Сравнение результатов замеров на БМИ и сканере	
	Δ_1	Δ_2	Δ_1	Δ_2	Δ_1	Δ_2
0,5	0,0047	0,93	0,0308	6,16	-0,0261	5,27
1,0	0,0040	0,40	0,0231	-2,31	0,0271	-2,72
1,5	0,0107	0,7	0,0113	0,75	-0,0006	0,04
2,0	0,0053	0,27	0,0179	-0,89	0,0232	-1,16
2,5	0,0823	-3,29	0,0274	-1,09	-0,0549	2,13
3,0	0,0113	0,38	0,0268	-0,89	0,0382	-1,28

Относительная погрешность замеров (см. табл. 1), полученных на БМИ и сканере (расхождение не превышает 5,2%), позволяет с достаточной для инженерных расчетов точностью использовать полученные экспериментальные данные, как для качественной, так и для количественной оценки деформированного состояния металла в местах

изгиба, а программный комплекс «*Farseer*» рекомендовать в качестве современной методики геометрического анализа формоизменения металла.

Программный комплекс «*Farseer*», разработанный на кафедре «Обработка металлов давлением», обеспечивает возможность пользователю обрабатывать точки на графиках, получать результаты замеров в масштабе, измерять длины и углы, строить графики функций на основании табличных данных, экспортировать данные в *MS Excel*. В число прочих возможностей входят: создание текстовых комментариев, изображение линий, эллипсов, звезд, шкал. Для оцифровки графических данных в виде серии точек предусмотрено меню «Процедуры оцифровки». Система построения графиков (рис. 3) позволяет строить до 30 графиков, основываясь на разных способах получения данных. Визуализация экспериментальных образцов со схемой их замеров посредством программного комплекса «*Farseer*» приведена на рис. 4, результаты обработки экспериментальных данных и построения графиков – на рис. 5.

Рисунок 3 - Меню системы построения графиков

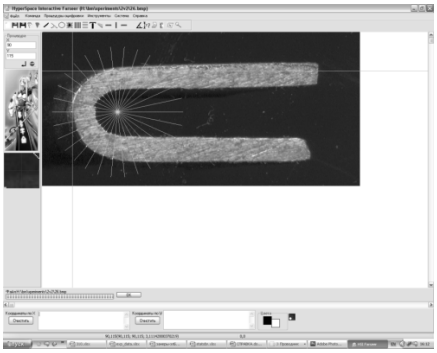

Рисунок 4 - Визуализация экспериментальных образцов со схемой их замеров

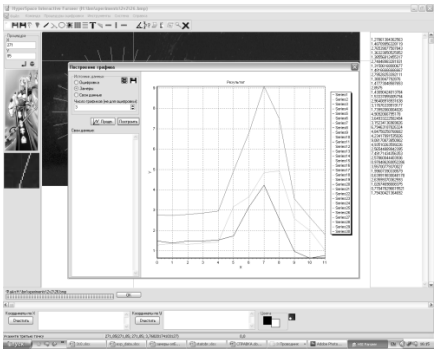

Рисунок 5 - Результаты обработки экспериментальных данных и построения графиков посредством программного комплекса «*Farseer*»

Полученные экспериментальные данные после статистической обработки были аппроксимированы посредством приложения «*StatSoft Statistica 8*» функцией вида:

$$e(\varphi) = f\cos^4(0{,}8\varphi),$$

где f - коэффициент, определяющий форму расчетно-экспериментальных графиков;

φ - текущий угол места изгиба на 18^0.

По экспериментальным результатам были построены графики, приведенные на рис. 6, рис.7, рис. 8.

Значения коэффициента f в зависимости от толщины (S) и расстояния между параллельными слоями металла (h) при изгибе на 180° приведены в табл.2.

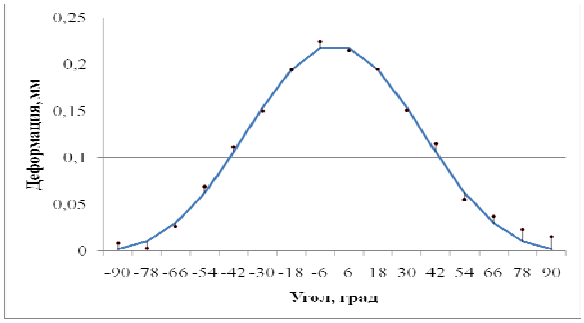

Рисунок 6 - Распределение деформаций по толщине металла при *S*=1 и *h*=*S*

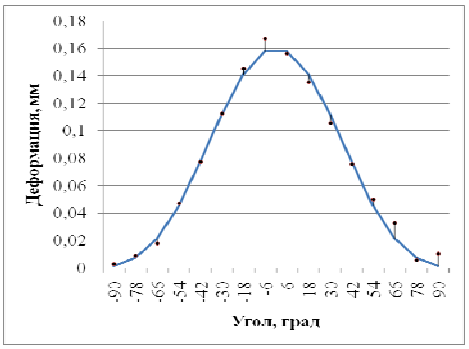

Рисунок 7 - Распределение деформаций по толщине металла при *S*=1 и *h*=2*S*

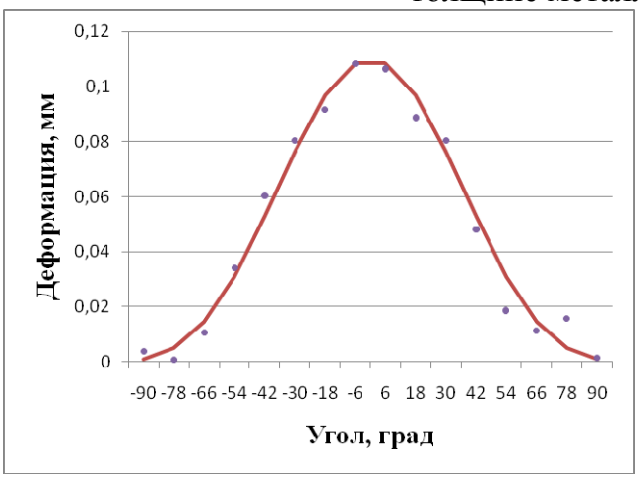

Рисунок 8 - Распределение деформаций по толщине металла при *S*=1 и *h*=3*S*

Таблица 2 - Значения коэффициента *f*

h	*f*
h=*S*	0,22
h=2*S*	0,16
h=3*S*	0,11

Таким образом, в результате выполненных исследований установлено, что:

1. Разработанный на кафедре «Обработка металлов давлением» НТУ «ХПИ» для оцифровки графических данных программный комплекс «*Farseer*», обеспечивает (с относительной погрешностью замеров, не превышающей 5,2%) возможность пользователю обрабатывать точки на графиках, получать значения в необходимом масштабе, измерять длины и углы, на основании табличных данных строить графики функций, экспортировать данные в *MS Excel*. Это позволяет с достаточной для инженерных расчетов точностью использовать полученные цифровым способом экспериментальные данные, как для качественной, так и для количественной оценки деформированного состояния металла в местах изгиба.

2. Полученные с использованием статистической обработки экспериментальные данные по утонениям в месте изгиба на 180^0 для толщины 1 мм аппроксимированы функцией вида $\varepsilon(\varphi) = f\cos^4(0{,}8\varphi)$. Впервые получены значения коэффициента *f* для различных соотношений геометрических параметров места изгиба.

Список литературы: 1. Чиченев Н.А., Кудрин А.Б., Полухин П.И. Методы исследования процессов обработки металлов давлением (экспериментальная механика). – М.: Металлургия, 1977. – 312 с. 2. Дель Г.Д., Новиков Н.А. Метод делительных сеток. – М.: Машиностроение, 1979. – 144 с. 3. Ренне И.П. Экспериментальные методы исследования пластического формоизменения в процессах обработки металлов давлением с помощью делительной сетки. –

Тула: Тульский политехнический институт, 1970. – 146 с. 4. Смирнов-Аляев Г.А., Чикидовский В.П. Экспериментальные исследования в обработке металлов давлением. – Л.: Машиностроение, 1972. – 360 с. 5. Тришевский И.С., Клепанда В.В. Механические свойства гнутых профилей. – Киев: Техника, 1977. – 144 с. 6. ГОСТ 8.207. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 10 с. 7. Кринецкий И.И. Основы научных исследований. – Киев: Вища школа, 1981. – 208 с. 8. Касандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. – М.: Наука, 1970. – 104 с. 9. Румшинский Д.З. Математическая обработка результатов экспериментов. – М.: Наука, 1971. – 192 с. 10. Щиголев Б.М. Математическая обработка наблюдений. – М.: Физматгиз, 1962. – 344 с. 11. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики. Изд. 3-е.– М.: Наука, 1969. – 511 с. 12. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. – М.: Мир, 1974. – 463 с. 13. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. – М.: Мир, 1973. – 957 с. 14. Хемминг Г.В. Численные методы для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1972. – 400 с. 15. Крамер Г. Математические методы статистики. Изд. 2-е. – М. :Мир, 1975. – 648 с. 16. Венецкий И.Г.. Кильдишев Г.С. Теория вероятности и математическая статистика. – М.: Статистика, 1975. – 264 с. 17. Гутер Р.С., Овчинский Б.В. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. – М.: Физматгиз, 1962. – 358 с. 18. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 546 с.

Поступила в редколлегию 03.06.2009

УДК 30.12

КИРИЧЕНКО Л.В.,
БЄЛІЧЕНКО О.А.,
МОРСЬКА А.С.,
ШУШЛЯКОВ А.В., докт.техн.наук, проф., «ХДТУБА», г. Харьков

ВИХРЕВОЙ ТУРБУЛЕНТНЫЙ ПРОМЫВАТЕЛЬ

Защита атмосферы от промышленных выбросов – это комплексная проблема, предусматривающая разработку организационных и технических мероприятий по введению эффективных методов улавливания и обезвреживания выбросов от пыли и химических веществ, максимальное сокращение выбросов и более полное использование газообразных отходов в производстве. [2]

На производствах для улавливания пыли используют следующие виды пылеулавливающего оборудования: пылеосадочные камеры, циклоны, скрубберы, фильтры, электрофильтры и другое оборудование.

Но в настоящее время в связи с научным прогрессом развиваются новые технологии, работающие на современных материалах, поэтому проблема высокоэффективной очистки выбросов приобретает большое экологическое значение. Чем выше фоновая концентрация загрязняющих веществ, тем больше требуется сокращать количество промышленных выбросов, и повышать эффективность очистки газов, удаляемых из источников выбросов этих загрязняющих веществ.

Современные системы очистки газов от пыли представляют собой сложные сооружения, которые включают оборудование, смонтированное по одно- либо многоступенчатой схеме.

По способу очистки пылеуловители подразделяют на сухие, мокрые и электрические [1]. Работа любого пылеуловителя основана на использовании одного или нескольких методов улавливания взвешенных в газах частиц. Существующие методы очистки можно классифицировать на гравитационный, центробежный,