

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ТРУБ ЗА СЧЕТ СОВМЕЩЕНИЯ ПРОЦЕССОВ БОКОВОГО ПРЕССОВАНИЯ И РЕДУЦИРОВАНИЯ

Е.А. Алюшкаев, Я.И. Космацкий, В.П. Шумейко

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Представлена и обоснована задача исследования синергии процессов прессования с боковым истечением и редуцирования с целью выполнения профиля поперечного сечения труб готового размера. Так сформулирована цель компьютерного моделирования совмещенного процесса прессования с боковым истечением и редуцирования при использовании оригинальных устройств. Представлены результаты исследования совмещенного процесса с применением программного продукта для моделирования и оптимизации процессов обработки металлов давлением Deform-3D. Показано численное изменение значений толщины стенки трубы в сравнении с номинальным значением, и предварительно обоснована эффективность совмещения процессов бокового прессования – редуцирования. В дополнении к оценке выполнения профиля поперечного сечения трубы определено изменение усилия прессования на первом и втором этапах совмещенного процесса. В заключении показано повышение точности геометрических размеров трубы при комбинировании процесса редуцирования с прессованием и определено изменение относительной разностенности в зависимости от межклетевого расположения сечения трубы. Выполненная оценка возможности повышения точности геометрических размеров труб за счет совмещения процессов бокового прессования и редуцирования в первом приближении обосновывает эффективность развития направления совмещения процессов обработки металлов давлением.

Ключевые слова: совмещенный процесс; прессование труб с боковым истечением; редуцирование; пресс-остаток; математическая модель; усилие прессования; относительная разностенность; точность.

Одним из направлений развития процессов прессования труб является способ прессования с боковым истечением металла. При этом совместное использование оригинальных устройств [1, 2] позволяет существенно снизить, в сравнении с известными способами, технологические потери металла, главным образом, за счет уменьшения или полного устранения пресс-остатка. В свою очередь, процесс прессования труб с боковым истечением металла подробно рассмотрен в работах [3–5].

Вместе с этим, как показали результаты проведенного компьютерного моделирования процесса прессования труб с поперечно-боковым истечением (рис. 1) и последующей выпрессовкой пресс-остатка (рис. 2), при изготовлении труб размерами 40×10 мм из контейнера диаметром 60 мм, геометрические размеры профиля трубы выполняются с недостаточной точностью.

Важно отметить, что для обеспечения достаточной точности конечно-элементной модели, как показано в работах [6, 7], модель заготовки включала 120 000 конечных элементов в форме тетраэдров.

Таким образом, представляет определенный научный интерес выполнение оценки возможности повышения точности геометрических размеров поперечного сечения трубы за счет совмещения названного способа прессования [2] с редуцированием [1]. Решение сформулированной задачи осу-

ществлялось с применением системы трехмерного моделирования и оптимизации процессов ОМД Deform-3D [7, 8]. При этом модель заготовки также включала 120 000 конечных элементов в форме тетраэдров.

Так, на рис. 3 представлена спроектированная 3D-модель устройства для реализации трубопрессовой системы: процесс прессование с боковым истечением – редуцирование.

Скорость перемещения (в вертикальном и горизонтальном направлении) пресс-шайб назначалась 10 мм/с. Коэффициент трения на контактных поверхностях принимался 0,43 [9]. Моделирование проводилось также при прессовании труб размерами 40×10,0 мм (табл. 1) с целью обеспечения требуемого натяжения в межклетевом пространстве, потребовалось определение угловых скоростей валков [10] первой (ω_1) и второй клетки (ω_2), соответственно:

$$\begin{cases} \omega_1 = \frac{2v_{\text{ИСТ}}}{D_{\text{К}}} = \frac{2v_{\text{ОКР1}}}{D_{\text{К}}} = \frac{2v_{\text{ПШ}} \cdot \lambda_{\text{ПР}}}{D_{\text{К}}}, \\ \omega_2 = \frac{2v_{\text{ОКР1}} \cdot \lambda_{\text{Р}}}{D_{\text{К}}}, \end{cases}$$

где $v_{\text{ИСТ}}$ – скорость истечения металла из контейнера пресса, мм/с;

$v_{\text{ОКР1}}$ – окружная скорость вращения валков в первой клетки, с⁻¹;

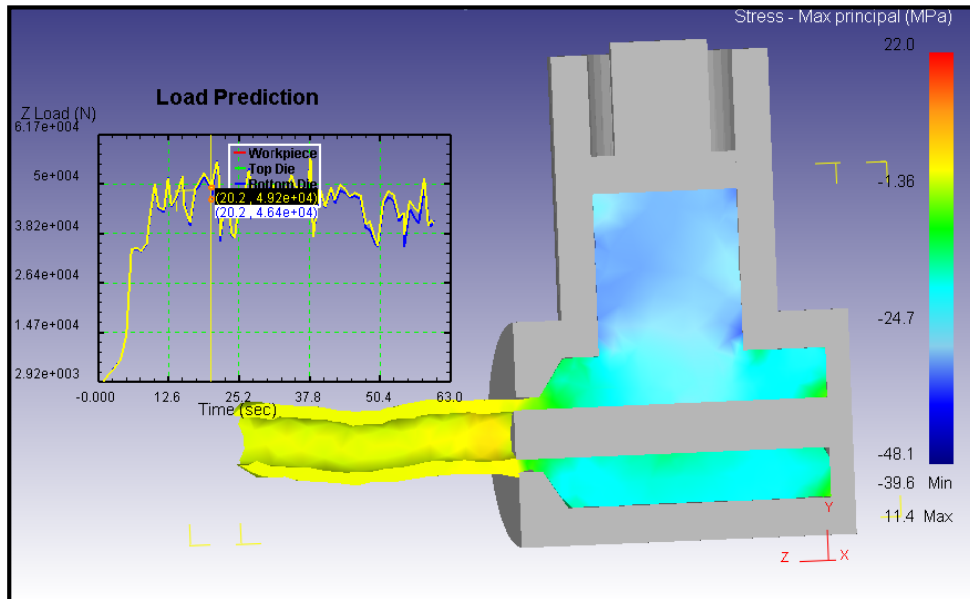


Рис. 1. Результаты компьютерного моделирования первой стадии процесса

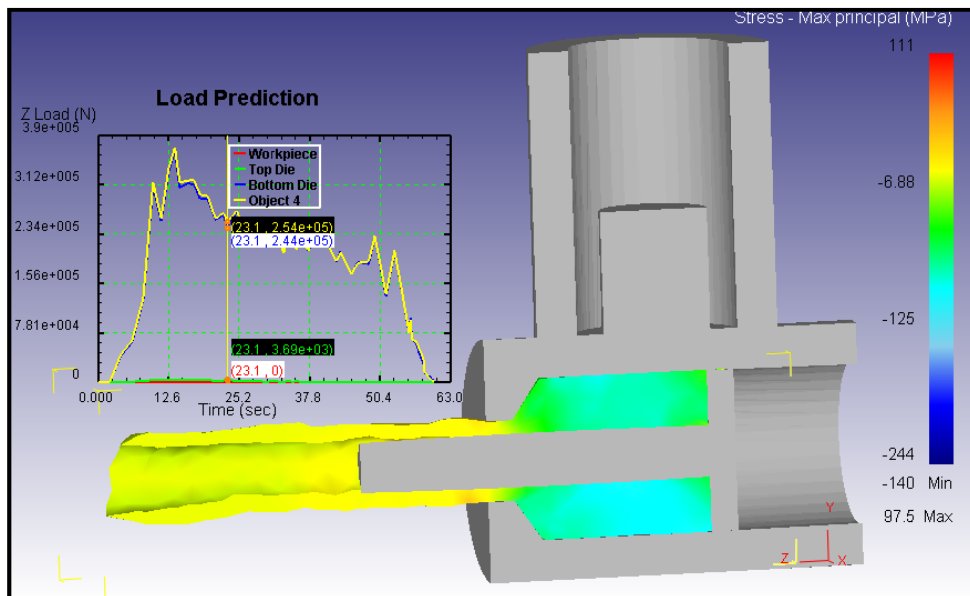


Рис. 2. Результаты компьютерного моделирования второй стадии процесса

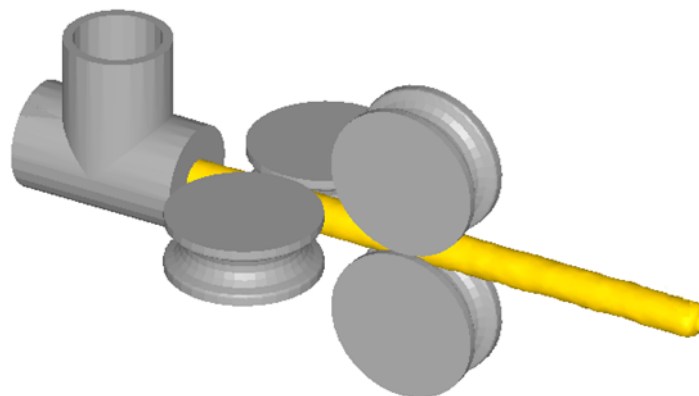


Рис. 3. 3D-модель совмещенного процесса прессования труб с боковым истечением [2] и редуцирования [1]

Таблица 1

Параметры процесса редуцирования труб размерами 40×10,0 мм

$v_{ОКР1}$	$v_{ОКР2}$	D_K	λ_P	$\lambda_{ПР}$	ω_1	ω_2
64,17	66,80	150,50	1,041	6,417	0,85	0,88

$v_{ПШ}$ – скорость прессования, мм/с;
 D_K – катающий диаметр валков, мм;
 $\lambda_{ПР}$ – коэффициент вытяжки при прессова-
 нии;
 λ_P – коэффициент вытяжки при редуцирова-
 нии в первой клет.

Одновременно с оценкой возможности повы-
 шения точности геометрических размеров профи-
 ля поперечного сечения труб, определялось изме-
 нение усилия прессования при вертикальном и го-
 ризонтальном перемещении пресс-шайбы (рис. 4).

Оценка влияния совмещения процессов прес-
 сования с боковым истечением и редуцирования
 на повышение точности геометрических размеров
 труб проводилась при измерении трех поперечных
 сечений трубы (рис. 5): на выходе из пресса, на вы-
 ходе из первой клетки, на выходе из второй клетки.

На рис. 6 представлены диаграммы изменения
 толщины стенки по периметру поперечного сече-
 ния трубы. В дополнении к этому, в табл. 2 пред-
 ставлены значения толщины стенки, соответст-
 вующих рис. 5 сечений, для определения относи-
 тельной разностенности.

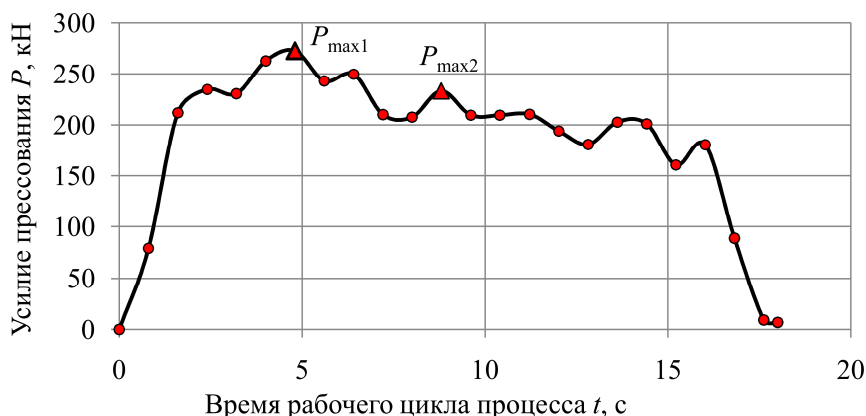


Рис. 4. Изменение усилия прессования на первом и втором этапах совмещен-
 ного процесса [2] при изготовлении свинцовых труб размерами 40×10 мм:
 $P_{max1} = 272$ кН, $P_{max2} = 233$ кН

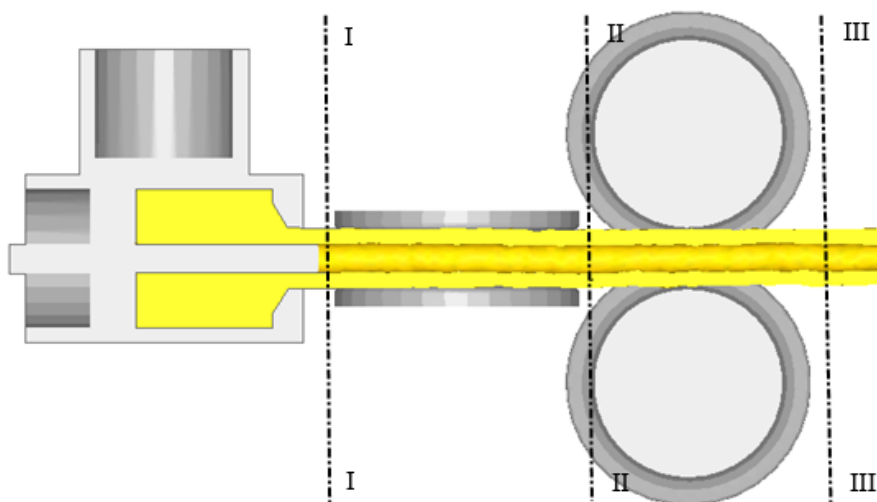


Рис. 5. Поперечное сечение трубы: I – на выходе из пресса; II – на выходе
 из первой клетки; III – на выходе из второй клетки

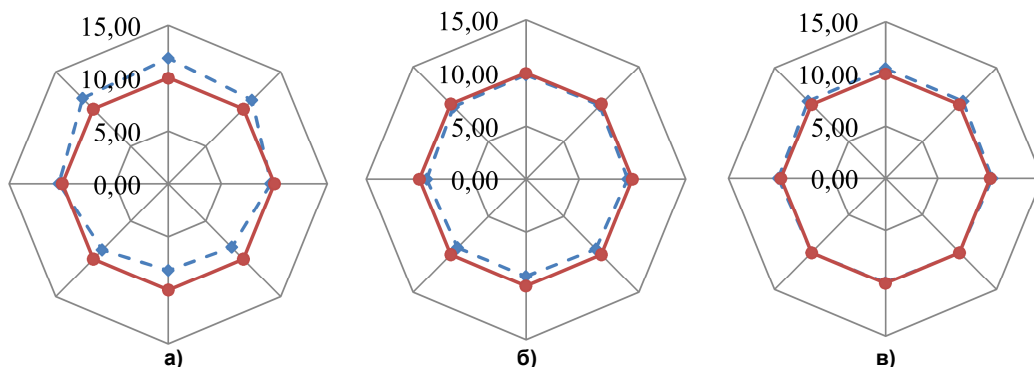


Рис. 6. Толщина стенки поперечного сечения трубы (по периметру): а – на выходе из пресса; б – на выходе из первой клетки; в – на выходе из второй клетки

Таблица 2

Толщина стенки по периметру поперечного сечения трубы

Сечение (см. рис. 5)	Max, мм	Min, мм	Среднее, мм	Относительная разностенность, %
I–I	11,9	8,1	9,98	38,0
II–II	9,81	9,07	9,44	7,8
III–III	10,45	9,91	10,22	5,3

Таким образом, в первом приближении представляется возможным заключить, что совмещение процессов прессования с боковым истечением и редуцирования труб готового размера может обеспечить повышение точности геометрических размеров поперечного сечения трубы, в сравнении с аналогичным процессом прессования без редуцирования [2]. При этом показано, что относительная разностенность труб снижается ~ на 86 %.

Литература

1. Пат. 143437 Российская Федерация, МПК В 22 D 18/02 (2006.01). Устройство для получения полых профилей / Я.И. Космацкий, А.В. Выдрин, Е.А. Храмов. – № 2014109719/02; заявл. 12.03.14; опубл. 20.07.14, Бюл. № 20. – 10 с.
2. Пат. 144990 Российская Федерация, МПК В 21 D 17/00 (2006.01). Устройство для получения полых профилей / Я.И. Космацкий, М.А. Тихонова, Н.В. Фокин и др. – № 2014118689/02; заявл. 07.05.14; опубл. 10.09.14, Бюл. № 25. – 9 с.
3. Космацкий, Я.И. Математическое моделирование совмещенного процесса разлива и бокового прессования / Я.И. Космацкий, Н.В. Фокин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2015. – Вып. 1. – № 15 (274). – С. 29–32.
4. Improvement of ways pipes production by the combined process / Y.Ig. Kosmatskiy, E.V. Khramkov,

N.V. Fokin et al. // Proceedings of the 4th International Academic Conference. Applied and Fundamental Studies. – St. Louis, Missouri, USA: Publishing House «Science and Innovation Center», November 29–30, 2013. – Vol. 1. – P. 203–205.

5. Космацкий, Я.И. Основные направления исследований в области совершенствования теории, технологии и оборудования трубопрессовых систем / Я.И. Космацкий // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2016. – Т. 14, № 1. – С. 41–46.

6. Практическое руководство к программному комплексу Deform-3D: учеб. пособие / В.С. Паршин, А.Л. Карамышев, И.И. Некрасов и др. – Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2010. – 266 с.

7. Каргин, В.Р. Моделирование прессования в программе Deform-2D: учеб. пособие / В.Р. Каргин, Б.В. Каргин, Я.А. Ерисов. – Самара: Изд-во СГАУ, 2010. – 106 с.

8. Иванов, В.А. Пакет инженерного анализа Deform. ЮУрГУ. СКЦ. – http://supercomputer.susu.ac.ru/upload/users/education/seminars_20090519/presentations/deform_part1.pdf. – 26 с.

9. Грудев, А.П. Трение и смазки при обработке металлов давлением. Справочник / А.П. Грудев, Ю.В. Зильберг, В.Т. Тулик. – М.: Metallurgy, 1982. – 312 с.

10. Целиков, А.И. Теория прокатки / А.И. Целиков, А.И. Гришков. – М.: Metallurgy, 1970. – 358 с.

Алюшкаев Евгений Александрович, аспирант кафедры машин и технологий обработки материалов давлением, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; AlushkaevEA@list.ru.

Космацкий Ярослав Игоревич, докторант кафедры машин и технологий обработки материалов давлением, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; kosmatckiiii@susu.ru.

Шумейко Валентина Павловна, студент кафедры машин и технологий обработки материалов давлением, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; ShumeikoVP@gmail.com.

Поступила в редакцию 20 июня 2016 г.

DOI: 10.14529/met160316

ASSESSMENT OF POSSIBILITY TO INCREASE THE ACCURACY OF THE GEOMETRIC DIMENSIONS OF PIPES BY COMBINING THE PROCESSES OF SIDE EXTRUSION AND REDUCTION

E.A. Alushkaev, AlushkaevEA@list.ru,

Ya.I. Kosmatskii, kosmatckiiii@susu.ru,

V.P. Shumeiko, ShumeikoVP@gmail.com

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The paper presents and proves the research problem of synergy of side-extrusion and reducing to obtain a profile of the cross-sectional size of finished pipes. It is the objective of computer simulation of the combined process of side-extrusion and reduction using the original device. Results of studying the process with the use of software for simulation and optimization of metal forming processes Deform-3D are presented. Changes of numerical values of pipe wall thickness compared to nominal value are shown, and efficiency of combining side-extrusion and reduction processes is substantiated. In addition to evaluating the implementation of the cross-sectional profile of the tube the change of extrusion force on the first and second stages of the combined process is defined. The findings showed increasing accuracy of geometrical dimensions of the tube by combining the reduction process with side-extrusion and determined change in the relative variation in wall thickness depending on section location. The estimates of the possibility of increasing the accuracy of the geometric dimensions of pipes by combining side-extrusion and reduction processes proves in the first approximation the effectiveness of the development of combinations of metal forming processes.

Keywords: combined process; side-extrusion of pipes; reducing; press residue; mathematical model; extrusion force; relative variation in wall thickness; accuracy.

References

1. Kosmatskii Ya.I., Vydrin A.V., Khramkov E.A. *Ustroystvo dlya polucheniya polykh profiley* [The Device Producing Hollow Profiles]. Patent RF, no. 143437, 2014.
2. Kosmatskii Ya.I., Tikhonova M.A., Fokin N.V. *Ustroystvo dlya polucheniya polykh profiley* [The device Producing Hollow Profiles]. Patent RF, no. 144990, 2014.
3. Kosmatskii Ya.I., Fokin N.V. [Mathematical Modeling of the Combined Process of Casting and Lateral Pressing]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2015, vol. 15, no. 1, pp. 29–33. (in Russ.)
4. Kosmatskiy Y.Ig., Khramkov E.V., Tikhonova M.A. Improvement of Ways Pipes Production by the Combined Processes. *Applied and fundamental studies: Proceedings of the 4th International Academic Conference. Vol. 1*. St. Louis, Missouri, USA, 2013.
5. Kosmatsky Ya.I. [Main Directions of Research in the Field of the Pipe-Extrusion System Theory, Technology and Equipment Improvement]. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical Unuversity*, 2016, vol. 14, no. 1 pp. 41–46. (in Russ.)
6. Parshin V.S., Karamyshev A.L., Nekrasov I.I. *Prakticheskoe rukovodstvo k programmnomu kompleksu Deform-3D* [Practical Tutotrial to Software Complex Deform-3D]. Ekaterinburg, Ural Federal University Publ., 2010. 266 p.
7. Kargin V.R., Kargin B.V., Erisov Ya.A. *Modelirovanie pressovaniya v programme Deform-2D* [Modeling Extrusion Process in Deform-2D Software]. Samara, SGAU Publ., 2010. 106 p.

Обработка металлов давлением

8. Ivanov V.A. *Paket inzhenerного analiza Deform* [Engineering Analysis Package Deform]. Available at: http://supercomputer.susu.ac.ru/upload/users/education/seminars_20090519/presentations/deform_part1.pdf (accessed 11 July 2016).

9. Grudev A.P., Zil'berg Yu.V., Tiliк V.T. *Trenie i smazki pri obrabotke metallov davleniem. Spravochnik* [Friction and Lubrication in Metal Forming. A Handbook]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1982. 312 p.

10. Tselikov A.I., Grishkov A.I. *Teoriya prokatki* [Rolling Theory]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1970. 358 p.

Received 20 June 2016

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Алюшкаев, Е.А. Оценка возможности повышения точности геометрических размеров труб за счет совмещения процессов бокового прессования и редуцирования / Е.А. Алюшкаев, Я.И. Космацкий, В.П. Шумейко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2016. – Т. 16, № 3. – С. 111–116. DOI: 10.14529/met160316

FOR CITATION

Alyushkaev E.A., Kosmatskii Ya.I., Shumeyko V.P. Assessment of Possibility to Increase the Accuracy of the Geometric Dimensions of Pipes by Combining the Processes of Side Extrusion and Reduction. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2016, vol. 16, no. 3, pp. 111–116. (in Russ.) DOI: 10.14529/met160316