

Научноёмкие технологии в машиностроении. 2022. №11 (137). С. 3-7.
Science intensive technologies in mechanical engineering. 2022. №11 (137). P. 3-7.

Научная статья
УДК 621.7.043
doi:10.30987/2223-4608-2022-11-3-7

Получение рифлей по способу их изготовления на внутренней поверхности цилиндрической оболочки

Владимир Денисович Кухарь¹, д.т.н.,
Виктор Анатольевич Коротков², к.т.н.,
Сергей Сергеевич Яковлев³, аспирант

^{1,2,3}Тулский государственный университет, Тула, Россия

¹ mpf-tula@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

² mpf-tula@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

³ yakovlev-ss-science@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8528-4836>

Аннотация. Рассмотрена операция нанесения рифлей локальным пластическим формоизменением на внутренней поверхности цилиндрической оболочки с помощью рабочей оправки, имеющей клиновидные выступы на рабочей поверхности. Приводятся результаты компьютерного моделирования, и проводится сравнение с известным методом рифления редуцированием. Установлено существенное снижение технологической силы в процессе рифления и съёма цилиндрической оболочки с применением нового способа.

Ключевые слова: рифление, локальное формоизменение, пластическое деформирование, сетка рифлей, съём, полуфабрикат, рабочая оправка

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-20212 (<https://rscf.ru/project/22-29-20212>) и Правительства Тульской области.

Для цитирования: Кухарь В.Д., Коротков В.А., Яковлев С.С. Получение рифлей по способу их изготовления на внутренней поверхности цилиндрической оболочки. – 2022. – №11 (137). – С. 3-7. doi: 10.30987/2223-4608-2022-11-3-7.

Original article

Obtaining corrugations according to the method of their manufacture on the inner surface of a cylindrical shell

Vladimir. D. Kukhar¹, Dr.Sc.Tech.,
Victor. A. Korotkov², Can.Sc.Tech.,
Sergey. S. Yakovlev³, postgraduate student

^{1,2,3}Tula State University, Tula, Russia

^{1,2} mpf-tula@rambler.ru, ³ yakovlev-ss-science@yandex.ru

Abstract. The operation of applying ruffles by local plastic forming on the inner surface of a cylindrical shell with the help of a working mandrel with wedge protrusions on the working surface is considered. The results of computer simulation are presented, and a comparison is made with the known reduction corrugation method. A significant decrease in the technological force in the process of corrugation and removal of a cylindrical shell using a new method has been established.

Keywords: corrugation, local deformation, plastic deformation, corrugated mesh, removal, semi-finished product, working mandrel

Acknowledgments: the research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 22-29-20212 (<https://rscf.ru/project/22-29-20212>) and the Government of the Tula region.

For citation: Kukhar V.D., Korotkov V.A., Yakovlev S.S. Obtaining corrugations according to the method of their manufacture on the inner surface of a cylindrical shell. / Science intensive technologies in Mechanical Engineering, 2022, no. 11 (137), pp. 3-7. doi: 10.30987/2223-4608-2022-11-3-7.

Введение

Рифление является одной из операций обработки металлов давлением, при которой формируются насечки на внутренней или внешней поверхности цилиндрической оболочки [1]. При этом существует множество методов, которые позволяют получать требуемые детали, наиболее распространенной технологией является редуцирование [2]. Однако при использовании этого способа существует проблема, заключающаяся в большой технологической силе формоизменения и последующего съема готового полуфабриката с оправки. Для решения этой проблемы был разработан новый способ рифления [3], при котором происходит локальное пластическое формоизменение заготовки инструментом в виде рабочей оправки ограниченной длины с клиновыми выступами на рабочей поверхности.

Работа посвящена исследованию силовых параметров рифления и съема полуфабриката при локальном пластическом деформировании с использованием рабочей оправки ограниченной длины.

Материалы и методы

Для исследования было проведено математическое моделирование в программном комплексе QForm, который основан на методе конечных элементов. Моделировалось нанесение спиральных рифлей одного направления с углом подъема 30° на стальной заготовке диаметром 110,7 мм. Число рифлей составляло 28 шт. Высота заготовки равнялась 50 мм, а материал ее – сталь 10. Локальное формоизменение проводилось рабочей оправкой с клиновыми выступами типа 3 [4] высота которых на 0,5 мм больше, чем глубина внедрения в материал заготовки 1,7 мм.

По способу [3] локальное деформирование осуществлялось рабочей оправкой с выступами клиновидной формы, которая при рабочем ходе поступательно перемещалась и одновременно вращалась вокруг оси. При обратном ходе производился съем рабочей оправки из полости заготовки. При этом рабочая оправка также перемещалась поступательно и одновременно вращалась вокруг оси. На рисунке 1 приведена схема расположения заготовки и рабочей оправки после рифления перед началом перехода съема.

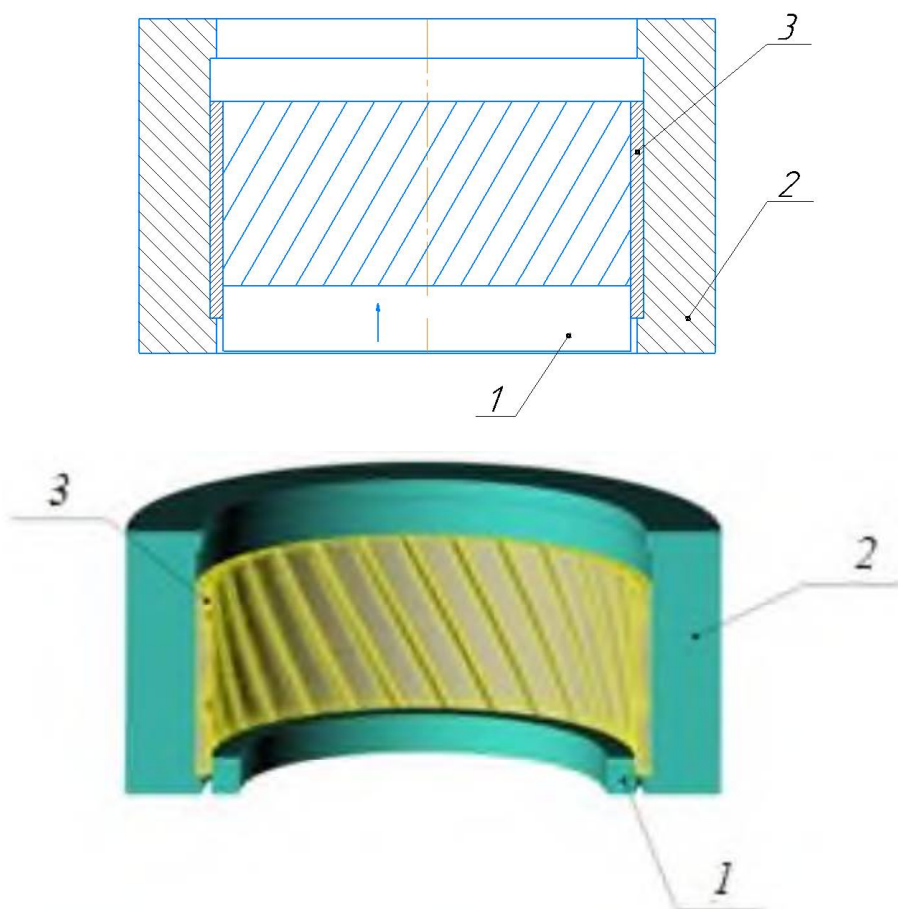


Рис. 1. Система заготовка-инструмент перед началом съема:

1 – рабочая оправка, 2 – корпус, 3 – полуфабрикат после первой операции с рифлями

Схема предполагает, что при обратном ходе рабочей оправки также перемещается заготовка и упирается в выступ корпуса, после чего происходит вывинчивание рабочей оправки из полуфабриката. Конструкции корпуса и рабочей оправки являются экспериментальными, поэтому имеются некоторые допущения и упрощения для более быстрого и компьютерного моделирования.

Результаты и обсуждение

Технологическая сила является одной из наиболее важных характеристик процесса [5-10], поэтому в данной работе были получены

графики технологической силы рифления и съема с помощью математического моделирования (рис. 2).

Из графиков следует, что при рабочем ходе имеется участок холостого хода и участки начала процесса локального деформирования, стационарного локального деформирования и окончания локального деформирования. Длина участка начального локального деформирования соответствует толщине рабочей оправки. В конце рабочего хода рабочая оправка частично выходит из полости заготовки, осуществляя локальное деформирование по всей внутренней поверхности заготовки.

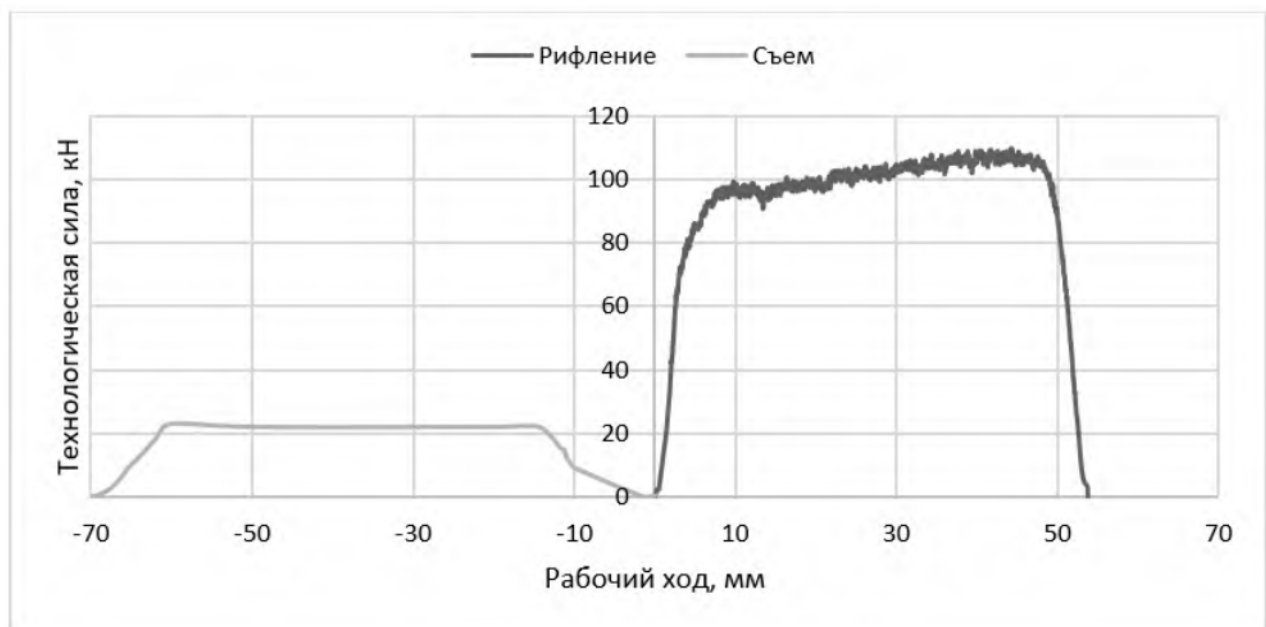


Рис. 2. График технологической силы

При обратном ходе осуществлялся съём рабочей оправки из заготовки, но имеется зазор между верхней кромкой заготовки и нижнего торца съёмника, поэтому до начала непосредственного съема происходит подвод заготовки с пуансоном к съёмнику. Поэтому обратный ход получается длиннее. При этом на графике имеются, как и при рабочем ходе участки начальный, стационарный и конечный. При этом длина начального и конечного участков соответствовала толщине рабочей оправки.

При получении рифлей по способу редуцирования [2] для аналогичных по размеру заготовок и рифлей имеются данные по силовым параметрам формования рифлей и съёма заго-

товки с оправки. В отличие от локального деформирования рифлей по этому способу производилось объёмное деформирование заготовки, что значительно увеличивало энергозатраты процесса получения рифлей на внутренней поверхности заготовки.

Для более детального сравнения составлена таблица технологической силы рифления локальным пластическим формоизменением и редуцированием [10] (табл. 1). При редуцировании использовалась заготовка также из стали 10 с такими же геометрическими размерами (высота, толщина стенки, диаметр), как в настоящей работе.

1. Технологические силы

	Максимальная сила нанесения, кН	Максимальная сила съема, кН
Локальное деформирование	115	23
Редуцирование [10]	400	212

Было установлено, что при редуцировании технологическая сила нанесения рифлей в 3,5 раза выше, чем при локальном формоизменении, а сила съема больше почти в 9 раз. Наблюдается также существенная разница в соотношениях технологических сил формования рифлей между сравниваемыми способами получения рифлей. Сила рифления при редуцировании почти в 2 раза выше силы съема. При локальном деформировании сила съема в 5 раз меньше силы рифления. Такая существенная разница между силами нанесения и съема объясняется влиянием габаритных размеров оправок. В случае редуцирования используется оправка с габаритными размерами по длине равной длине цилиндрической оболочки, а в случае локального деформирования рабочей оправкой, её толщина существенно меньше, чем оправки для редуцирования. Таким образом преимуществом нового способа является значительное снижение металлоёмкости рабочего инструмента.

Заключение

На основе проделанного моделирования можно сделать следующие выводы:

1. Локальное формоизменение с помощью рабочей оправки, которая поступательно перемещается и одновременно вращается вокруг оси, позволяет изготавливать на внутренней поверхности цилиндрической оболочки рифли.
2. Рифление локальным формоизменением повышает в несколько раз энергоэффективность процесса пластического формоизменения и съема.
3. Металлоёмкость инструмента, используемого по способу локального деформирования существенно меньше, чем по способу редуцирования.
4. Значительное снижение силовой нагрузки при использовании способа локального деформирования позволяет расширить технологические возможности его использования для

получения рифлей на внутренней поверхности крупногабаритных цилиндрических оболочках.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Яковлев С. С. Исследование процесса рифления инструментом ограниченной длины // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 11. С. 480-484.
2. Митин О.Н., Иванов Ю.А. Экспериментальное получение изделия с ромбовидным внутренним рифлением // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2014. № 10-2. С. 197-201.
3. Пат. № 2758351 С1 РФ, МПК В21К 21/06, В21D 17/02, В21С 37/20. Способ изготовления сетки рифлей на внутренней поверхности цилиндрической оболочки: № 2020140573; заявл. 08.12.2020; опубл. 28.10.2021 / С. С. Яковлев, В. А. Коротков, С. Н. Ларин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет».
4. Кухарь В.Д., Коротков В.А., Яковлев С.С., Шишкина А.А.. Формообразование сетки спиральных клиновых выступов на внутренней поверхности стальной оболочки локальным пластическим деформированием // Черные металлы. 2021. № 6. С. 65–68.
5. Юрков И. В. Процесс осадки стальной заготовки при разных режимах // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 9. С. 473-475.
6. Пасынков А. А., Герасимова О. М., Яковлев Б. С. Изотермический обжим крупногабаритных заготовок // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 5. С. 102-106.
7. Кухарь В. Д., Яковлев С.С. Изготовление деталей ответственного назначения для горных машин методами интенсивной пластической деформации // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2022. № 1. С. 317-324.
8. Pasyнков А. А., Larin S. N., Panfilov G. V. Evaluation of Power Parameters of Bar Stock Upsetting from Non-ferrous Alloys in Viscoplastic Conditions // Proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2020): Серия: LECTURE NOTES IN MECHANICAL ENGINEERING, Chelyabinsk, 18-22 мая 2020 года. - Chelyabinsk: Springer Science+Business Media B.V., Formerly Kluwer Academic Publishers B.V., 2021. P. 877-883.
9. Пасынков А. А., Яковлев Б. С., Трегубов В. И. Анализ влияние угла конусности на изотермический обжим трубных заготовок // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 10.

С. 436-440.

10. Митин О. Н., Иванов Ю. А. Построение вторичных математических моделей процесса получения изделия с внутренним рифлением // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. № 7-2. С. 215-222.

REFERENCES

1. Yakovle S. S. Investigation of the corrugation process with a tool of limited length. Bulletin of the Tula State University. Technical science. 2021. No. 11. P. 480-484.

2. Mitin O. N., Ivanov Yu. A. Experimental production of a product with diamond-shaped internal corrugation. Bulletin of the Tula State University. Technical science. 2014. No. 10-2. P. 197-201.

3. Patent No. 2758351 C1 Russian Federation, IPC B21K 21/06, B21D 17/02, B21C 37/20. Method for manufacturing a grid of corrugations on the inner surface of a cylindrical shell : No. 2020140573 : Appl. 12/08/2020 : publ. October 28, 2021 / S. S. Yakovlev, V.A. Korotkov, S. N. Larin [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tula State University».

4. Formation of a network of spiral wedge protrusions on the inner surface of a steel shell by local plastic deformation / V.D. Kukhar, V.A. Korotkov, S.S. Yakovlev, A.A. Shishkin // Ferrous metals. 2021. No. 6. P. 65-68.

5. Yurkov I.V. The process of upsetting a steel billet under different conditions // News of the Tula State University. Technical science. 2021. No. 9. P. 473-475.

6. Pasyнков А.А., Герасимова О.М., Яковлев В.С. Isothermal crimping of large billets. Bulletin of the Tula State University. Technical science. 2021. No. 5. P. 102-106.

7. Kukhar V.D., Yakovlev S.S. Production of critical parts for mining machines by methods of severe plastic deformation // Izvestiya of the Tula State University. Earth Sciences. 2022. No. 1. P. 317-324.

8. Pasyнков А.А., Ларин С.Н., Панфилов Г.В. Evaluation of Power Parameters of Bar Stock Upsetting from Non-ferrous Alloys in Viscoplastic Conditions // Proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2020): Series: LECTURE NOTES IN MECHANICAL ENGINEERING, Chelyabinsk, May 18-22, 2020. - Chelyabinsk: Springer Science+Business Media B.V., Formerly Kluwer Academic Publishers B.V., 2021. P. 877-883.

9. Pasyнков А.А., Яковлев В.С., Трегубов В.И. Analysis of the influence of the taper angle on the isothermal crimping of pipe blanks. Bulletin of the Tula State University. Technical science. 2021. No. 10. P. 436-440.

10. Mitin O. N., Ivanov Yu. A. Construction of secondary mathematical models of the process of obtaining a product with internal corrugation // Izvestiya of the Tula State University. Technical science. 2013. No. 7-2. P. 215-222.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 14.06.2022; одобрена после рецензирования 26.06.2022; принята к публикации 03.07.2022.

The article was submitted 14.06.2022; approved after reviewing 26.06.2022; assepted for publication 03.07.2022.

