

Оригинальная статья

УДК 621.7.043

DOI: 10.57070/2304-4497-2025-2(52)-102-109

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ТИПА «СТУПИЦА» И «ФЛАНЕЦ»**

© 2025 г. М. В. Филиппова¹, А. Б. Юрьев², М. В. Темлянцев²

¹Кузбасский институт ФСИН России (Россия, 654066, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, Октябрьский пр., 49)

²Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Основную часть себестоимости машиностроительной продукции составляет стоимость металла, расходуемого на изготовление детали. С целью уменьшения количества отходов металла и повышения качества штампованных поковок разработаны новые технологии производства типовых машиностроительных деталей типа «ступица» и «фланец» на основе комплексной технологии полугорячей штамповки из шаровой заготовки. Согласно заводской технологии рассматриваемые детали производят методом горячей облойной штамповки: разделение металла на цилиндрические заготовки для последующей штамповки осуществляется резкой на пресс-ножницах. Разброс по массе таких заготовок составляет 10 – 12 %; нагрева металла под штамповку до температуры 1150 – 1200 °С, при нагреве до таких температур на поверхности заготовки образуется окалина; штамповка в открытых штампах с предварительной осадкой цилиндрической заготовки и обрезкой облоя. Согласно разработанным технологиям исходной заготовкой является точная шаровая заготовка, полученная разделением на станах поперечно-винтовой прокатки, разброс по массе которой не превышает 8 %. Температура нагрева под штамповку снижена и находится в диапазоне 850 – 900 °С, при нагреве до температур полугорячей штамповки на поверхности заготовки окалина не образуется; штамповка осуществляется за один переход в закрытом штампе. Представлены сравнительные схемы производства деталей по заводским и разработанным технологиям. Проведенные исследования показали, что применение комплексной технологии позволяет получить точные по массе поковки с минимальными припусками на последующую механическую обработку за меньшее количество операций и сэкономить до 25 % металла от исходной массы заготовки.

Ключевые слова: полугорячая штамповка, шаровая заготовка, ресурсосберегающая технология, безоблойная штамповка, комплексная технология, цилиндрическая заготовка, закрытый штамп, исходная заготовка

Для цитирования: Филиппова М.В., Юрьев А.Б., Темлянцев М.В. Применение комплексной технологии полугорячей штамповки для производства деталей типа «ступица» и «фланец». *Вестник Сибирского государственного индустриального университета*. 2025;2(52):102–109. [http://doi.org/10.57070/2304-4497-2025-2\(52\)-102-109](http://doi.org/10.57070/2304-4497-2025-2(52)-102-109)

Original article

**APPLICATION OF INTEGRATED SEMI-HOT STAMPING TECHNOLOGY FOR THE
PRODUCTION OF HUB AND FLANGE TYPE PARTS**

© 2025 M. V. Filippova¹, A. B. Y'uryev², M. V. Temlyantsev²

¹Kuzbass Institute of the Federal Penal Service of Russia (49 Oktyabrsky pr., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass, 654007, Russian Federation)

²Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass, 654007, Russian Federation)

Abstract. The main part of the cost of machine-building products is the cost of the metal used to manufacture the part. In order to reduce the amount of metal waste and improve the quality of stamped forgings, new technologies have been developed for the production of standard machine-building parts such as "hub" and "flange" based on

the integrated technology of semi-hot stamping from a ball blank. According to the factory technology, the parts in question are produced by hot-dip stamping: metal is divided into cylindrical blanks for subsequent stamping by cutting on press shears, the weight spread of such blanks is 10 – 12 %; metal is heated for stamping to a temperature of 1150 – 1200 °C, when heated to such temperatures, scale forms on the surface of the workpiece; stamping in open dies with pre-laying of a cylindrical billet and clipping of a chip. According to the developed technologies, the initial blank is an accurate ball blank obtained by separation in cross-screw rolling mills, the mass spread of which does not exceed 8 %. The heating temperature for stamping is reduced and is in the range of 850 – 900 °C, when heated to temperatures of semi-hot stamping, scale does not form on the surface of the blank; stamping is carried out in one the transition is in a closed stamp. Comparative schemes of manufacturing parts according to factory and developed technologies are presented. The conducted studies have shown that the use of integrated technology allows to obtain accurate forgings by weight with minimal allowances for subsequent machining in fewer operations and save up to 25 % of the metal from the initial mass of the workpiece.

Keywords. semi-hot stamping, ball blank, resource-saving technology, flash-free stamping, integrated technology, cylindrical blank, closed die, initial blank

For citation: Filippova M.V., Temlyantsev M.V., Y'uryev A.B. Application of integrated semi-hot stamping technology for the production of hub and flange type parts. *Bulletin of the Siberian State Industrial University*. 2025;2(52):102–109. (In Russ.). [http://doi.org/10.57070/2304-4497-2025-2\(52\)-102-109](http://doi.org/10.57070/2304-4497-2025-2(52)-102-109)

Введение

Большую часть (в среднем 60 %) себестоимости машиностроительной продукции составляет стоимость металла, расходуемого на изготовление детали [1]. При производстве деталей машиностроения в кузнечно-прессовых цехах применяется технология горячей облойной штамповки из цилиндрических заготовок, при использовании которой до 25 % металла идет в отход. Для повышения ресурсосбережения разработана новая комплексная технология полугорячей штамповки из шаровой заготовки в закрытых штампах [2]. Исходным материалом являются шаровые заготовки, полученные разделением на станах поперечно-винтовой прокатки. Использование помольных шаров в качестве исходной заготовки для безоблойной штамповки не рекомендуется из-за больших допусков по размеру [3]. Активно ведутся работы по повышению качества прокатываемых шаров [4]: с применением программ компьютерного модели-

рования [5] и последующих экспериментальных исследований [6] анализируют влияние калибровок [7], технологических факторов при прокатке шаров [8] из различных марок стали [9], возможность получения шаров различных диаметров [10], а также помольных шаров повышенной точности [11]. Нагрев осуществляется до температур полугорячей штамповки, что позволяет получить лучшее качество поверхности заготовки [12]. Штамповка производится в закрытом штампе [13], которая является прогрессивной и активно развивающейся [14].

Детали «ступица» и «фланец» относятся к категории серийной продукции кузнечно-прессовых цехов (рис. 1) [15].

Заводская технология получения детали «ступица» включает в себя следующие операции [16]:

- резка горячекатаного прутка на мерные цилиндрические заготовки;
- нагрев цилиндрических заготовок до температуры 1150 – 1200 °C;

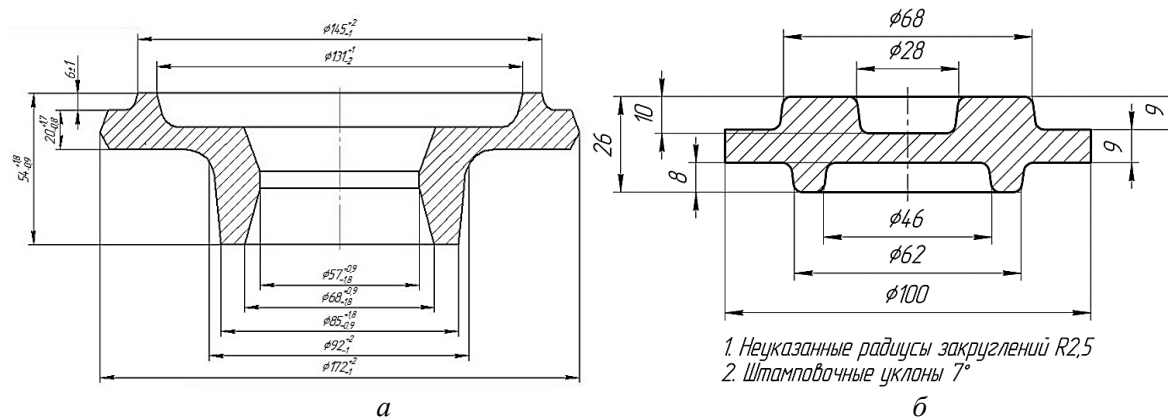


Рис. 1. Эскизы поковок ступица (а) и фланец (б)
Fig. 1. Sketches of forgings hub (a) and flange (b)

– штамповка за три перехода в открытых штампах, обрезка облоя и прошивка отверстия.

Прокатанные штанги диаметром 75 мм после предварительного нагрева в печи до температуры 400 – 600 °С на кривошипном прессе Эрфурт разрезают на заготовки длиной 106 ± 2 мм. При этом цилиндрическая часть заготовки составляет 24 мм, косой рез достигает 8 мм и смятие цилиндрической части до 6,5 мм. Согласно технологической карте масса цилиндрической заготовки должна быть не менее 3675 г. Далее цилиндрическую заготовку нагревают в индукционном нагревателе до температуры 1150 – 1200 °С с темпом выдачи 16 – 18 с. Нагретую заготовку штампуют за три перехода в открытых штампах: предварительная осадка для удаления окалины и выравнивания торцов заготовки; штамповка в черновом и затем в окончательном ручье. После этого поковка по транспортеру передается к обрезающему кривошипному прессу, где проводится обрезка облоя и прошивка отверстия. Масса поковки при этом составляет 2800 г, масса облоя 675 г, масса выдры 145 г и масса угара 55 г. Таким образом, отходы металла при штамповке одной поковки составляют 875 г, масса облоя составляет 675 г [17].

Заводская технология получения детали «фланец» включает в себя следующие операции:

- резка горячекатаного прутка на мерные цилиндрические заготовки;
- нагрев цилиндрических заготовок до температуры 1150 – 1200 °С;
- штамповка за два перехода в открытых штампах, обрезка облоя.

Резка горячекатанного прутка диаметром 50 мм из стали марки 40 на мерные заготовки осуществляли на пресс-ножницах в холодном состоянии. Цилиндрические заготовки высотой 70 мм из бункера штамповочной линии подаются по одной в индукционный нагреватель КИН 750/2,4. Температура нагрева заготовки составляет 1150 – 1200 °С, темп выдачи нагретых заготовок из индуктора 12 – 14 с. Штамповку фланца осуществляли на кривошипном горячештамповочном прессе усилием 6,3 МН за два перехода: в предварительном ручье штампа проводится осадка заготовки в торец до высоты 35 мм, в чистовом ручье штампа происходит окончательное формирование поковки, при этом излишек металла вытесняется в облойную канавку. Удаление облоя проводят на обрезающем прессе, после чего готовая поковка поступает в тару для охлаждения на воздухе. Масса готовой поковки фланца 890 г, масса облоя 233 г, масса угара 13 г.

Масса цилиндрической заготовки из стали марки 40 диаметром 48 мм и высотой 80 мм составляет 1136 г. Таким образом, потери ме-

талла при штамповке только одной поковки составляют до 246 г (21,7 % от массы поковки).

Методы исследований

Для совершенствования существующей технологии производства деталей «ступица» и «фланец» было проведено комплексное исследование возможности применения новой технологии полугорячей безоблойной штамповки из шаровой заготовки с применением метода компьютерного моделирования с последующим подтверждением результата экспериментальными исследованиями в условиях реального производства.

На первом этапе было проведено компьютерное моделирование с применением программы QForm (лицензия № R0-U1791-091214Y100). Для проведения исследований был спроектирован виртуальный технологический процесс штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе, исходные данные для моделирования (оборудование, марки стали, геометрические размеры поковок и штампов) соответствовали данным реального процесса.

На втором этапе поковки ступица и фланец штамповали на оборудовании кузнечно-прессового цеха из шаровых заготовок, полученных на станах поперечно-винтовой прокаткой.

Результаты исследований

Результаты компьютерного моделирования и экспериментальных исследований показали, что при производстве обеих поволок исходная заготовка хорошо центрируется в штампе, в процессе штамповки металл полностью заполняет объем штампа, сила штамповки не превышает максимальное значение, согласно паспорту на оборудование. Результаты моделирования полностью подтверждаются экспериментом.

Применение комплексной технологии полугорячей штамповки из шаровой заготовки для производства фланца позволило сократить операцию штамповки на два перехода.

Новая комплексная технология для производства поковки фланца состоит из следующих операций [18]:

1. Разделение металла на шаровые заготовки диаметром 90 мм проводится на стане поперечно-винтовой прокатки. Полученная заготовка имеет форму шара, колебание массы не превышает 6 % [19]. Шаровая заготовка имеет хорошее качество поверхности, равномерно нагревается в индукторе, не требует дополнительной операции предварительной осадки [20].

2. Индукционный нагрев заготовки до температуры полугорячей штамповки. Предварительный расчет оптимальной температуры нагрева

шаровой заготовки из стали марки 40Х показал, что оптимальная температура нагрева заготовки составляет 860 ± 5 °С. В условиях реального производства температура нагрева шаровой заготовки была повышена до 900 °С. При снижении температуры нагрева с 1200 до 900 °С сопротивление металла деформации стали марки 40Х возросло на 52 %, пластические свойства уменьшились на 34 %, угар металла сократился на 92 %, обезуглероживание поверхности отсутствует.

3. Штамповка за один переход в закрытом штампе, прошивка отверстия.

Применение комплексной технологии полугорячей штамповки из шаровой заготовки для штамповки детали «ступица» снизило расход металла на одной поковке на 730 г по сравнению с получением такой же поковки горячей объемной штамповкой из цилиндрической заготовки в открытом штампе.

На рис. 2 приведена схема технологического процесса штамповки поковки «ступица» по заводской технологии из цилиндрической заготовки (рис. 2, а) и по разработанной технологии из шаровой заготовки (рис. 2, б).

Применение технологии полугорячей безоблойной штамповки фланца из шаровой заготовки взамен существующей позволило сократить операцию штамповки на один переход и повысить коэффициент использования металла.

Новая комплексная технология для производства детали «фланец» состоит из следующих операций [21]:

- разделение металла на шаровые заготовки диаметром 60 мм проводили на стане поперечно-винтовой прокатки;

- нагрев шаровых заготовок в индукционном нагревателе осуществляли до температуры 850 °С;

- нагретые шаровые заготовки штамповали в чистовом ручье без предварительной осадки.

На рис. 3 показана последовательность операций изготовления поковки «фланец» по заводской технологии (горячая штамповка в открытом штампе из цилиндрической заготовки) и по разработанной технологии, основанной на комплексе технологии полугорячей безоблойной штамповки из шаровой заготовки. При использовании новой технологии производства фланца количество штамповочных операций сокращается на два перехода. Расчеты показали, что при производстве фланца безоблойной штамповкой из шаровой заготовки экономия металла на одной поковке составляет до 22 % по сравнению с получением этой же поковки облойной штамповкой.

Выводы

Результаты проведенных исследований показали, что применение комплексной технологии полугорячей штамповки из шаровой заготовки при производстве деталей «фланец» и «ступица» по сравнению с заводской технологией имеет следующие преимущества:

- уменьшение количества технологических операций;

- сокращение штамповочных переходов за счет исключения операции осадки;

- повышение качества поверхности заготовки за счет понижения температуры нагрева заготовки;

- снижение количества отходов металла за счет отсутствия облоя.

Таким образом, комплексную технологию полугорячей штамповки из шаровой заготовки можно рекомендовать для производства деталей «фланец» и «ступица» взамен с заводской технологии горячей облойной штамповки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Favi C., Campi F., Mandolini M., Germani M., Martinelli I. Key features and novel trends for developing cost engineering methods for forged components: a systematic literature review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2021;117:2601–2625. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07611-4>
2. Peretyatko V.N., Bakhaev A.V., Filippova M.V., Vakhman S.A. Stamping axisymmetric forgings. *Steel in Translation*. 2009;39(4):300–301. <https://doi.org/10.3103/S0967091209040032>
3. ГОСТ 7524 – 2015. Шары мелющие стальные для шаровых мельниц. (Технические условия). Москва: Изд-во стандартов, 2016:20.
4. Chila P., Pater Z., Tomczak J., Chila P. Numerical analysis of rolling process for producing steel balls using helical rolls. *Archives of Metallurgy and Materials*. 2016;61(2):485–492. <https://doi.org/10.1515/amm-2016-0085>
5. Ren, X., Liu Y. Study on the influence of deforming velocity on steel ball quality based on DEFORM. *Applied Mechanics and Materials*. 2012;117-119:1806–1809. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.117-119.1806>
6. Pater Z. etc. Experimental and numerical analysis of helical-wedge rolling process for producing steel balls. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2013;67:1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2012.12.006>

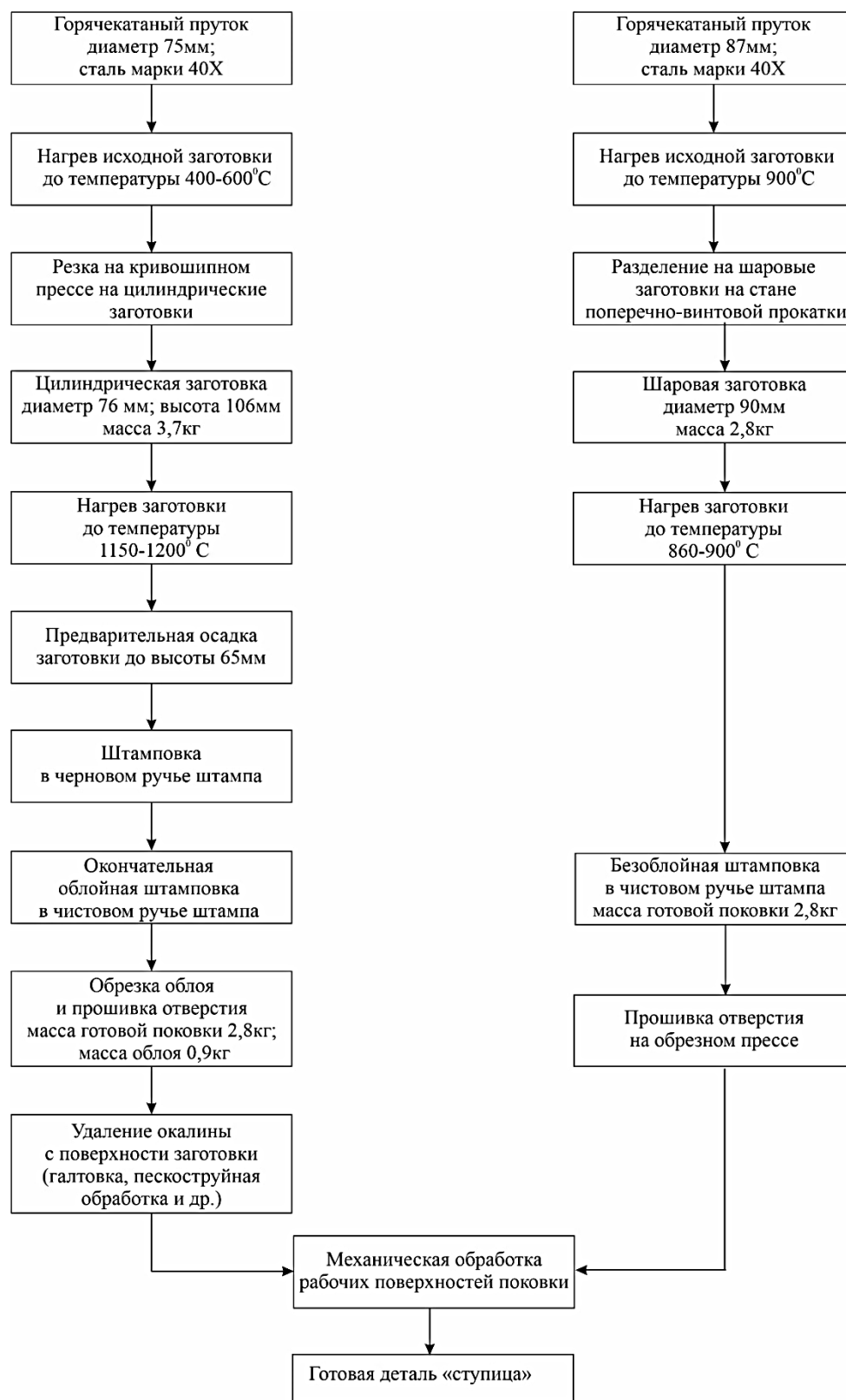


Рис. 2. Последовательность технологических операций производства поковки «ступица»

Fig. 2. Sequence of technological operations for the production of the forging “hub”

7. Шварц Д.Л., Семенов А.А., Галимьянов И.К. Компьютерное моделирование двухзаходной прокатки при производстве мелющих шаров диаметром 100 мм из легированных сталей. *Металлург.* 2022;1:79–84. https://doi.org/10.52351/00260827_2022_01_79
8. Du S., Ren X. Analysis of factors influencing the skew rolling ball quality. *Materials.* 2013;12(9):248–250. https://doi.org/10.52351/00260827_2013_01_32
9. Pater Z. Analysis of helical rolling process of balls formed from a head of a scraper rail. *Ad-*

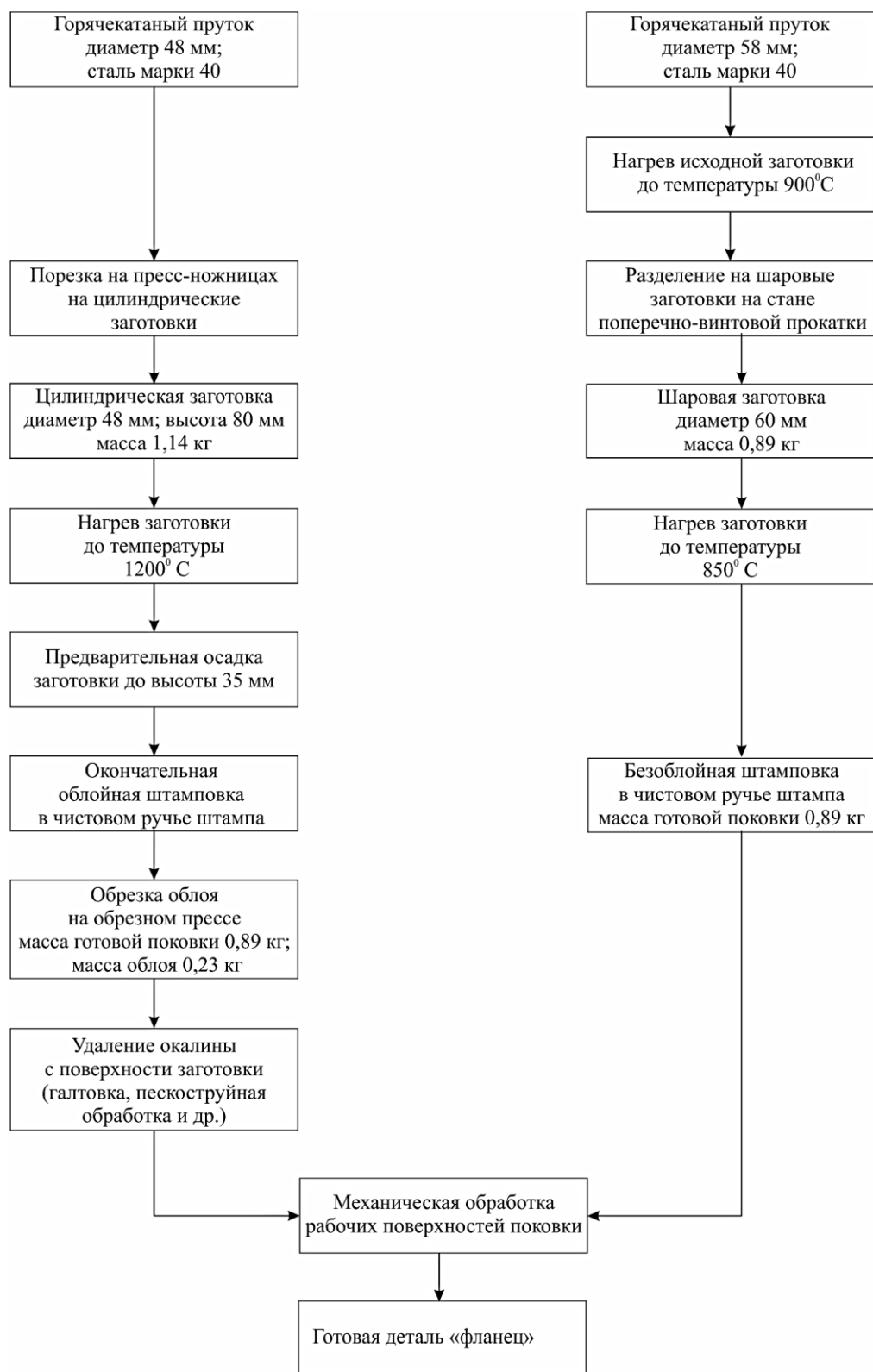


Рис. 3. Последовательность технологических операций производства поковки «фланец»
Fig. 3. Sequence of technological operations for the production of a “flange” forging

vances in Science and Technology Research Journal. 2016;10(30):110–114. <https://doi.org/10.12913/22998624/62702>

10. Shvarts D.L., Galim’yanov I.K. Improvment of a double-helical roll pass design for rolling 100-mm grinding balls. *Metallurgist*.

2022;66(3-4):422–432.

<https://doi.org/10.1007/s11015-022-01343-w>

11. Рубцов В.Ю., Щевченко О.И., Алыпов П.А., Лебедев В.А. Мелющие шары повышенной точности. *Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки*. 2020;2(54):86–96. <https://doi.org/10.21685/2072-3059-2020-2-9>

12. Темлянец М.В., Коротков С.Г., Темлянцев Е.Н. Развитие теории и практики малоокислительных и малообезуглероживающих технологий нагрева стали. *Вестник Сибирского государственного индустриального университета*. 2019;3(29):20–24.
13. Лялин В.М. Полугорячая штамповка детали «клапан» в разъемных матрицах. *Известия тульского государственного университета. Технические науки*. 2013;6-2:263–269.
14. Железков О.С., Галиахметов Т.Ш., Лизов С.Б. Поиск рациональных технологий изготовления болтов с шестигранными головками из нержавеющей стали на основе комплексного критериального подхода. *Механическое оборудование металлургических заводов*. 2022;1(18):55–60.
15. Филиппова М.В., Перетятко В.Н., Темлянец М.В. *Разработка и внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий обработки металлов давлением*. Новосибирск: СО РАН, 2016:266.
16. Filippova M.V., Peretyatko V.N., Prudkiy E.E., Temlyantsev M.V., Nikitin A.G. Complex technology of stamping details «hub» from ball blank. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/411/1/012083>
17. Филиппова М.В., Прудкий Е.Е., Перетятко В.Н. Безоблойная штамповка детали «ступица» из шаровой заготовки. В кн.: *Российская наука в современном мире. Сборник статей XI международной научно-практической конференции*. Москва: ООО «Актуальность. РФ», 2017:58–61.
18. Филиппова М.В., Сметанин С.В., Прудкий Е.Е. Комплекс полугорячей объемной штамповки. В кн.: *Металлургия: новые технологии, управление, инновации и качество. Труды Всероссийской научно-практической конференции*. Новокузнецк: СибГИУ, 2016:227–229.
19. Филиппова М.В., Сметанин С.В. Производство точных по массе шаровых заготовок на станах поперечно-винтовой прокатки. *Прокатное производство (приложение к журналу «Технология металлов»)*, 2025;22:32–40.
20. Filippova M.V., Temlyantsev M.V., Peretyatko V.N., Prudkiy E.E. Rolling of metal ball. *Steel in Translation*. 2017;47:435–439. <https://doi.org/10.3103/S0967091217070038>
21. Филиппова М.В., Прудкий Е.Е., Бахаев А.В. Моделирование штамповки детали «фланец» из шаровой заготовки. В кн.: *Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации»*. Материалы инновационного конвента. Новокузнецк: СибГИУ, 2019:543–546.

REFERENCES

1. Favi C., Campi F., Mandolini M., Germani M., Martinelli I. Key features and novel trends for developing cost engineering methods for forged components: a systematic literature review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2021;117:2601–2625. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07611-4>.
2. Peretyatko, V.N., Bakhaev A.V., Filippova M.V., Vakhman S.A. Stamping axisymmetric forgings. *Steel in Translation*. 2009;39(4):300–301. <https://doi.org/10.3103/S0967091209040032>.
3. GOST 7524 – 2015. *Steel grinding balls for ball mills. (Technical conditions)*. Moscow: Publishing house of standards, 2016:20. (In Russ.).
4. Chila P., Pater Z., Tomczak J., Chila P. Numerical analysis of rolling process for producing steel balls using helical rolls. *Archives of Metallurgy and Materials*. 2016;61(2):485–492. <https://doi.org/10.1515/amm-2016-0085>
5. Ren X., Liu Y. Study on the influence of deforming velocity on steel ball quality based on DEFORM. *Applied Mechanics and Materials*. 2012;117-119:1806–1809. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.117-119.1806>
6. Pater Z. etc. Experimental and numerical analysis of helical-wedge rolling process for producing steel balls. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2013;67:1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2012.12.006>
7. Schwartz D.L., Semenov A.A., Galim'yanov I.K. Computer modeling of two-pass rolling in the production of grinding balls with a diameter of 100 mm from alloy steels. *Metallurgist*. 2022;1:79–84. https://doi.org/10.52351/00260827_2022_01_79
8. Du S., Ren X. Analysis of factors influencing the skew rolling ball quality. *Materials*. 2013;12;9:248–250. https://doi.org/10.52351/00260827_2013_01_32
9. Pater Z. Analysis of helical rolling process of balls formed from a head of a scrapper rail. *Advances in Science and Technology Research Journal*. 2016;10(30):110–114. <https://doi.org/10.12913/22998624/62702>.
10. Shvarts D.L., Galim'yanov I.K. Improvment of a double-helical roll pass design for rolling 100-mm grinding balls. *Metallurgist*. 2022;66(3-4):422–432. <https://doi.org/10.1007/s11015-022-01343-w>
11. Rubtsov V.Yu., Shchevchenko O.I., Alypov P.A., Lebedev V.A. Grinding balls of high accuracy. *News of higher educational institutions. Volga region. Engineering sciences*. 2020;2(54):86–96. (In Russ.). <https://doi.org/10.21685/2072-3059-2020-2-9>

12. Temlyantsev M.V., Korotkov S.G., Temlyantseva E.N. Development of the theory and practice of low-oxidizing and low-decarburizing steel heating technologies. *Bulletin of the Siberian State Industrial University*. 2019;3(29):20–24. (In Russ.).
13. Lyalin V.M. Semi-hot stamping of the "valve" part in split dies. *Bulletin of Tula State University. Technical sciences*. 2013;6-2:263–269. (In Russ.).
14. Zhelezkov O.S., Galiakhmetov T.Sh., Lizov S.B. Search for rational technologies for the production of hexagon-head bolts from stainless steel based on an integrated criteria approach. *Mechanical equipment of metallurgical plants*. 2022;1(18):55–60. (In Russ.).
15. Filippova M. V., Peretyatko V. N., Temlyantsev M. V. *Development and implementation of energy- and resource-saving technologies for metal forming*. Novosibirsk: SB RAS, 2016:266. (In Russ.).
16. Filippova M.V., Peretyatko V.N., Prudkiy E.E., Temlyantsev M.V., Nikitin A.G. Complex technology of stamping details "hub" from ball blank. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/411/1/012083>.
17. Filippova M.V., Prudkiy E.E., Peretyatko V.N. Flash-free stamping of the "hub" part from a spherical blank. In: *Russian Science in the Modern World. Collection of articles from the XI International Scientific and Practical Conference*. 2017:58–61. (In Russ.).
18. Filippova M.V., Smetanin S.V., Prudkiy E.E. Semi-hot volume stamping complex. In: *Metalurgy: new technologies, management, innovations and quality. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference*. Siberian State Industrial University. 2016:227–229. (In Russ.).
19. Filippova M.V., Smetanin S.V. Production of precise-weight ball blanks on cross-helical rolling mills. *Rolling production (supplement to the journal "Technology of Metals")*. 2025;22:32–40. (In Russ.).
20. Filippova M.V., Temlyantsev M.V., Peretyatko V.N., Prudkiy E.E. Rolling of metal ball. *Steel in Translation*. 2017;47:435–439. <https://doi.org/10.3103/S0967091217070038>
21. Filippova M.V., Prudkiy E.E., Bakhaev A.V. Modeling of stamping of the "flange" part from a spherical blank. In: *Innovative Convention "Kuzbass: Education, Science, Innova-*

tion". Proceedings of the Innovation Convention. 2019:543–546. (In Russ.).

Сведения об авторах

Марина Владимировна Филиппова, к.т.н., доцент, старший научный сотрудник организационно-научного и редакционно-издательского отделения, Кузбасский институт ФЦИН России

E-mail: filippova_mv@mail.ru

SPIN-код: 1854-5071

Алексей Борисович Юрьев, д.т.н., профессор, профессор кафедры обработки металлов давлением и материаловедения ЕВРАЗ ЗСМК, Сибирский государственный индустриальный университет

E-mail: rector@sibsiu.ru

ORCID: 0000-0002-9932-4755

SPIN-код: 1104-0168

Михаил Викторович Темлянец, д.т.н., профессор, профессор кафедры теплоэнергетики и экологии, Сибирский государственный индустриальный университет

E-mail: uchebn_otdel@sibsiu.ru

ORCID: 0000-0001-7985-5666

SPIN-код: 6169-5458

Information about the authors:

Marina V. Filippova, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Senior Researcher of the Organizational-Scientific and Editorial-Publishing Department, Kuzbass Institute of the Federal Penal Service of Russia

E-mail: filippova_mv@mail.ru

SPIN-код: 1854-5071

Aleksey B. Yuryev, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Metal Forming and Materials Science at EVRAZ ZSMK, Siberian State Industrial University

E-mail: rector@sibsiu.ru

ORCID: 0000-0002-9932-4755

SPIN-код: 1104-0168

Mikhail V. Temlyantsev, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Thermal Power Engineering and Ecology, Siberian State Industrial University

E-mail: uchebn_otdel@sibsiu.ru

ORCID: 0000-0001-7985-5666

SPIN-код: 6169-5458

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Поступила в редакцию 20.05.2025

После доработки 04.06.2025

Принята к публикации 10.06.2025

Received 20.05.2025

Revised 04.06.2025

Accepted 10.06.2025