



УДК 621.7.06

**О.А. Кобелев, А.А. Герасимова**  
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСиС»  
г. Москва, Российская Федерация  
E-mail: gerasimova.aa@misis.ru  
Дата поступления 15.10.2019

## ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МОНОБЛОЧНЫХ ПЛИТ КОВКОЙ

### Аннотация

Разработана на основе результатов опытно-промышленных и промышленных работ, технологическая схема производства моноблочных плит размерами 7600x7600x360мм из слитка 290т для последующей штамповки днищ корпусов реакторов из стали 15Х2НМФА. Было выполнено практическое исполнение разработанного технологического процесса производства днищ из моноблочных крупногабаритных плит. Принципиальная технология производства моноблочных плит применена в условиях ОАО «Ижорские заводы», ее развертку клиновым инструментом в условиях ОАО "Атоммаш", предусматривающая минимальный объем реконструкции действующих производств этих предприятий.

**Ключевые слова:** заготовка, технология, плита, ковка, пресс, штамповка днища, поковка, механическая обработка.

### Введение

Известно, что высокие темпы развития всех отраслей машиностроения требуют значительного увеличения выпуска крупных поковок. Совершенствование их производства на промышленных предприятиях с целью повышения точности и производительностиковки связано с решением ряда технологических и организационных задач, важнейшими из которых являются:

-внедрение малоотходной и энергосберегающей технологии за счет улучшения качества исходного слитка и совершенствования технологических схем и режимовковки, разработка новых конструкций используемого ковочного инструмента;

-интенсификация процессовковки на основе максимальной механизации и автоматизации операцийковки, внедрения ковочного оборудования с программным управлением [1-3].

Опыт работы отечественных кузнечно-прессовых цехов показывает, что получить экономию металла и повысить качество поковок можно как за счет внедрения малоотходных и энергосберегающих тех-

нологий с использованием слитков высокого качества (электрошлакового переплава, вакуумированных и др.), так и за счет совершенствования схем и режимов технологииковки [4-6].

Основная тенденция развития тяжелого, транспортного, энергетического и химического машиностроения на современном этапе – увеличение удельной мощности стационарных и передвижных энергетических установок, агрегатов тяжелого, транспортного и химического машиностроения и другого специального оборудования, что требует изготовления крупных поковок из слитков массой до 300 т и выше. Увеличение производства уникальных поковок из сверхкрупных слитков, особенно характерных для энергомашиностроения, требует решения следующих основных проблем:

-получения слитков необходимой массы и высокого качества;

-разработки технологических процессов, использующих различные сочетания термомеханических и геометрических параметровковки в целях получения качественной структуры и требуемых физико-

механических и эксплуатационных свойств крупных поковок;

-предельного использования силовых и геометрических параметров оборудования на всех стадиях изготовления поковок при использовании как традиционных, так и новых прогрессивных процессовковки [7-10].

### Основная часть

Современные реакторные установки обладают более высоким уровнем безопасности и технико-экономическими характеристиками. Относительно невысокая мощность позволяет вести разработку интегрального реактора с размещением активной зоны, парогенераторов и других узлов в одном изделии-корпусе реактора с наружным диаметром 6130 мм, толщиной стенки 265 мм и высотой 19550 мм с днищем с внутренним диаметром 5460 мм и минимальной толщиной 345 мм и фланцем с наружным диаметром 4860 мм и толщиной стенки 460 мм. Материал корпуса - реакторная сталь 15X2НМФА.

Днище может быть как сферической, так и эллиптической формы. Расчет диаметра исходных заготовок для штамповки днища провели по известным формулам [11]:

– для сферического днища:

$$D_s = 1,41D \sqrt{1 + \frac{2H}{D}};$$

– для эллиптического днища:

$$D_s = D \sqrt{1,38 + \frac{4H}{D}},$$

где  $D$  – диаметр днища по середине поверхности;

$H$  – высота цилиндрического борта.

При расчетах высоту цилиндрического борта приняли минимальной, равной толщине заготовки. Кроме того, в связи с необходимостью механической обработки внутренней и наружной поверхности днища толщина исходной заготовки должна быть увеличена по сравнению с чистой толщиной на 50 мм.

Расчеты показали, что для получения днищ сферической и эллиптической формы диаметры заготовок должны соответственно составлять 8560 и 7500 мм. Хотя

сферическая форма днища является предпочтительной в отношении конструктивной прочности днища, исходя из возможностей получения заготовки требуемых размеров выбрали эллиптическую форму днища корпуса реактора.

Листовая заготовка под штамповку днища может быть в этом случае изготовлена из плиты с размерами 7600x7600x350 мм, которую можно получить разверткой трубной заготовки с размерами после механической обработки:  $D_n = 2930$  мм;  $D_{вн} = 2200$  мм и длиной 7600 мм. В свою очередь, для изготовления такой заготовки необходимо отковать поковку с наружным диаметром 3050 мм, внутренним диаметром 2100 мм и длиной 8000 мм.

В настоящее время разработан комплексный технологический процесс изготовления моноблочных кованных плит ответственного назначения с размерами 5500x5500x265 мм. Этот процесс получения крупногабаритных плит разработан на пределе технологических, силовых и конструктивных возможностей кузнечно-прессового и подъемно-транспортного оборудования, нагревательных и термических печей (применительно к ковочному прессу усилием 150 МН и листоштамповочному прессу усилием 150 МН).

Для реализации возможности изготовления моноблочных плит для днищ корпусов реактора ВПБЭР-600 провели анализ действующего металлургического цикла (сталеплавильных, кузнечно-прессовых и термических цехов) таких наиболее мощных предприятий Российской Федерации как АО "Уралмаш", "Уралхиммаш", "Баррикады", "Ижорские заводы" и "Атоммаш".

При проведении анализа потенциальных возможностей металлургического цикла отечественных заводов, в первую очередь кузнечно-прессового оборудования, инструментального и печного парка, оснастки, кранового хозяйства показал, что реализация поставленной задачи может быть выполнена на предприятиях "Ижорские заводы" и "Атоммаш" после проведения соответствующей реконструкции металлургических цехов.

На основе результатов опытно-промышленных и промышленных работ по

производству крупногабаритных плит с размерами в плане 5500x5500 мм технологическая схема производства моноблочных плит с размерами 7500x7500x7500x400 и более для последующей штамповки днищ должна содержать следующие основные операции: выплавка слитка массой 290 т из стали 15X2НМФА; биллетировка слитка и вырубка блока размером 2650x5150 мм; осадка блока до высоты 3000 мм, охлаждение, прошивка пустотелым прошивнем диаметром 1200 мм; раскатка прошитой заготовки на оправке диаметром 1100 мм до наружного диаметра 3550 мм и внутреннего диаметра 1300 мм; протяжка на оправке диаметром 1280/1220 мм краевых участков заготовки длиной по 1850 мм на диаметр 2450 мм; раскатка на оправке диаметром 1200 мм ступенчатой поковки до внутреннего диаметра 2100 мм (при этом наружный диаметр на крайних ступенях составляет 2900 мм, в средней части - 3900 мм; протяжка средней части ступенчатой поковки на составной оправке диаметром 1280/1220 мм с закрепленным на ней кольцом с наружным диаметром 2000 мм и длиной 4300 мм; термообработка трубной поковки; транспортировка поковки в АО "Атоммаш"; механическая обработка поковки до наружного диаметра 2930 мм, внутреннего диаметра 2200 мм, длины - 7600 мм; прорезка паза по образующей шириной 50 мм; развертка трубной поковки в плиту клиновым инструментом и клином-разверткой (неплоскостность плиты не более 100 мм по длине плиты); вырезка из плиты круглой заготовки, нагрев и штамповка днища за один переход; термическая обработка днища; механическая обработка торцев и поверхностей днища; контроль качества днища.

Практическое исполнение разработанного технологического процесса производства днищ из моноблочных крупногабаритных плит может быть выполнено следующим образом.

Слиток массой 290 т из стали 15X2НМФА лафетом из сталеплавильного цеха передают в кузнечно-прессовый, где после осмотра и удаления дефектов с помощью транспортного крана его сажают в нагревательную печь на проложки высотой

не менее 600 мм. После нагрева и выдержки при ковочной температуре слиток снимают с подины печи и краном передают к ковочному прессу усилием 120 МН, укладывают на нижний вырезной боек шириной 1200 мм. Ковочным кантователем крана берут слиток за прибыльную часть и производят биллетировку донной части слитка. Затем краном транспортируют и устанавливают подвесной топор высотой 1300 мм, производят рубку поддона. Слиток с помощью ковочного крана разворачивают на 180 ° и производят биллетировку прибыльной части и рубку прибыли, получая блок требуемых размеров.

Ходом стола пресса нижний боек с расположенной на нем заготовкой перемещают за рабочее пространство пресса; заготовку с помощью цепей, подвешенных на кран, транспортируют к нагревательной печи. После нагрева заготовку подают к прессу. На столе пресса предварительно устанавливают осадочную плиту с размерами 4500x4500 мм. Блок ставят на плиту, подают под пресс и производят присадку, накладывают верхнюю плоскую осадочную плиту и производят осадку.

Ходом стола пресса удаляют осадочные плиты с заготовкой из рабочего пространства пресса, краном снимают верхнюю плиту, на стол пресса ставят квадрат высотой, равной высоте нижней плиты. Осаженную заготовку краном транспортируют на участок охлаждения, ставят на термоизоляционную плиту и охлаждают в течение 10,5-11,0 час. После охлаждения заготовку краном перемещают к кантователю, кантуют на 160 ° (подстуженным торцем вниз), транспортируют к прессу и устанавливают на нижнюю осадочную плиту и квадрат. На заготовку краном ставят полый прошивень и производят его вдавливание в тело заготовки, устанавливают надставки и осуществляют прошивку. Прошитую заготовку клещами транспортируют к печи на подогрев для дальнейшейковки.

После нагрева заготовку клещами крана подают к кантователю блоков и кольцевых заготовок, кантуют на 90 °. Ковочным краном с подвешенным патроном и оправкой берут заготовку и подают ее к прессу, на столе которого предварительно

устанавливают раскатные стойки. Краном заготовку заводят между стойками и производят раскатку внутреннего диаметра специальным раскатным бойком. Затем ходом стола пресса заготовку удаляют из-под пресса, транспортируют к кантователю блоков, кантуют на 90 ° и клещами крана подают к нагревательной печи.

Заготовку после нагрева и кантовки на 90 ° ковочным краном с подвешенным патроном и оправкой транспортируют к прессу и укладывают на нижний вырезной боек, производят протяжку на оправке до получения ступенчатой поковки с наружным центральным буртом, после чего вновь сажают в печь на подогрев.

После нагрева заготовку выдают из печи, берут клещами за наружную поверхность и транспортируют на пролет цеха. Ковочным краном с подвешенным патроном и оправкой захватывают заготовку и перемещают прессу. Раскатные стойки специальной конструкции устанавливают на столе пресса на расстоянии, достаточном для размещения заготовки с учетом уширения в процессе деформации. Заготовку заводят между стойками и производят раскатку верхним бойком до получения отверстия требуемого диаметра. Для раскатки ступенчатой заготовки с внутренним диаметром 1300 мм до диаметра отверстия 2050 мм используют специально разработанный раскатной боек с ручьем глубиной 500 мм и шириной 1500 мм. Размеры кольцевой ступенчатой поковки (рисунок 1) после различных операций ковки приведены в таблице 1.

Таблица 1  
Размеры ступенчатой поковки после различных операций ковки

Состояние трубной поковки	Размеры поковки, мм				
	Д <sub>1</sub>	Д <sub>2</sub>	d	L	B
После ковки	2450		1300	5500	1500
После раскатки	3050	3900	2100	5500	1500
После протяжки	3050	2900	2100	8000	-

После протяжки, зажав поковку в бойках, вынимают оправку, заготовку маркируют и в горячем состоянии передают в

термическое отделение цеха.

Полученную трубную поковку транспортируют в ОАО "Атоммаш", где после механической обработки торцевых, наружной и внутренней поверхностей поковки производят ее разрезку по образующей, сажают в печь и осуществляют нагрев до 1050 °С. После нагрева транспортным краном производят подачу поковки к штамповочному прессу, на котором предварительно монтируют два клина и два бойка-развертки. За два хода пресса осуществляют предварительную развертку поковки.

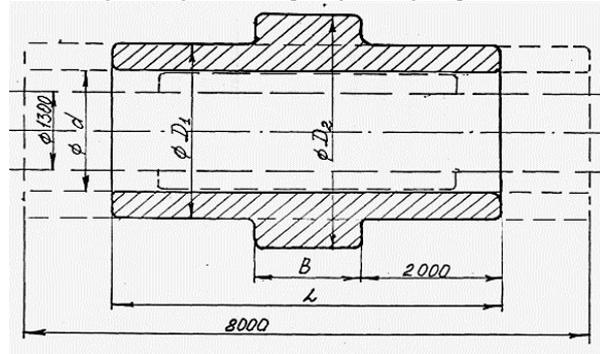


Рисунок 1. Эскиз ступенчатой трубной поковки для изготовления днищ при различных операциях ковки

Ходом стола пресса заготовку выдают из рабочей зоны пресса и транспортным краном передают на подогрев. За время подогрева на прессе осуществляют смену клинового инструмента на плиту. Нагретую заготовку вновь размещают на столе пресса и производят окончательную развертку трубной поковки в плоскую плиту.

Изготовление штампованного днища и его дальнейшую отделку производят по существующим технологиям для штамповки крупногабаритных днищ.

### Заключение

1. Для получения днищ сферической и эллиптической формы диаметры заготовок должны соответственно составлять 8560 и 7500 мм. Исходя из возможностей получения заготовки требуемых размеров выбрали эллиптическую форму днища корпуса реактора.
2. Разработана технология технологического процесса производства днищ из моноблочных крупногабаритных плит размерами 7600x7600x360 мм из слитка 290т для последующей штамповки

днищ из стали 15X2НМФА.

3. Принципиальная технология производства моноблочных плит применена в условиях ОАО «Ижорские заводы», ее развертку клиновым инструментом в условиях ОАО "Атоммаш", предусматривающая минимальный объем реконструкции действующих производств этих предприятий.

#### Библиографический список

1. Полухин П.И. Технология процессов обработки металлов давлением / П.И.Полухин, А. Хензель, В.П. Полухин и др. Под ред. Полухина П.И.-М.: Металлургия, 1986. - 408 с.
2. Пименов Г.А. Изготовление крупногабаритных толстолистовых заготовок методомковки / Г.А. Пименов, Г.А. Костюков, О.А. Кобелев [и др.] // Тяжелое машиностроение. - 1991. - №9. - С. 21-24.
3. Eberlein, L. Einfluss der Umformbedingungen auf den Werkstofffluss beim Recker und Stanchen von Vierkantstahl unter einem Lufthammer. / L. Eberlein, W. Weber. // Neie Hutte. – 1980. – №2. S. 58-63.
4. Sim, Y.X. Analysis of special forging processes for heavy ingost. /Sim Y.X. // Internationale Yournal of Machine Tools Manufacturing. – 1988. – №2 - P. 173-179.
5. Тюрин В. А. Теория и процессыковки слитков на прессах. / Тюрин В.А. – М.: Машиностроение, 1979. – 430 с.
6. Кобелев О.А. Анализ процессов производства крупногабаритных плит. / О.А. Кобелев, В.А. Тюрин. // Известия вузов. Черная металлургия – 2007 - №9 – С. 9-11.
7. Кауфман Ю.Г. Современное состояние мирового производства труб / Ю.Г.Кауфман, А.С. Ляховецкий, О.А. Семенов [и др.]. – М.: Металлургия, 1977. – 368 с.
8. Герасимова А.А. Оптимизация технологии процессов обработки давлением // LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 2018-06-29. С. 152.
9. 9. Машины и агрегаты для обработки металлов давлением: учеб. пособие / Б.Ф. Белелюбский, А.А. Герасимова, С.С. Хламкова. – М.: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. – 74 с.
10. Кобелев О.А., Цепин М.А., Скрипаленко М.М. Ковка широких толстых плит. М.: Теплотехник, 2009. - 192 с.
11. Атрошенко, А.П. Металлосберегающие технологии кузнечно–штамповочного производства / Атрошенко, А.П., Федоров З.И. - М: Машиностроение, 1990 - 279 с.

---

#### *Information about the paper in English*

**О.А. Kobelev, А.А. Gerasimova**  
National University of Science and Technology MISIS  
Moscow, the Russian Federation  
E-mail: gerasimova.aa@misis.ru  
Received 15.10.2019

#### PRINCIPAL PRODUCTION TECHNOLOGY OF MONOBLOCK PLATES BY FORGING

##### Abstract

Applying the results of industrial experiments and operations, the authors developed a production flow diagram for monoblock plates 7600x7600x360 mm in dimension from the ingot 290 t in weight for further stamping of bottoms from steel grade 15Kh2NMFA. The developed process was applied for producing bottoms from monoblock large-size plates. Principal production technology of monoblock plates was used at OJSC Izhora Plants, its reaming with wedge tools was performed at OJSC Atomash providing for a minimum scope of revamping of the operating production divisions at these plants.

**Keywords:** workpiece, technology, plate, forging, machine press, forging of bottoms, forging blank, mechanical processing

---