

ISSN 0135-5910 (Print)

ISSN 2619-0753 (Online)

# ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Бюллетень научно-технической и экономической информации

---

23 ноября исполняется 200 лет со дня рождения  
**ОБУХОВА ПАВЛА МАТВЕЕВИЧА**



русского горного инженера и учёного-металлурга

---

## ***Ferrous Metallurgy***

*Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information*

Том 76. № 11

2020

## РОССИЙСКИЙ ОПЫТ В СОЗДАНИИ ШАРОПРОКАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕЛЮЩИХ ТЕЛ МАЛОГО ДИАМЕТРА

*В. И. КОТЕНОК<sup>1</sup>, д-р техн. наук, заместитель генерального директора, shps140@mail.ru;  
С. И. ПОДОБЕДОВ<sup>2</sup>, главный технолог; П. Н. ТУГУШЕВ<sup>2</sup>, заведующий конструкторским отделом;  
С. А. БЕРЕСТНЕВ<sup>2</sup>, ведущий конструктор  
(<sup>1</sup> АО АХК «ВНИИМЕТМАШ», Россия, г. Москва; <sup>2</sup> ООО фирма «ШПС», Россия, г. Москва)*

**Аннотация.** В связи со значительным вовлечением в промышленную переработку руд с пониженным содержанием извлекаемых элементов возникла необходимость в больших объемах их тонкого помола для эффективного обогащения. Поскольку тонкий помол достигается только за счет уменьшения диаметра мелющих тел (шаров и цилиндров), резко возрос спрос на мелющие тела малого диаметра (менее 40 мм). Однако он оказался неудовлетворенным ввиду отсутствия необходимого оборудования. Для решения этой задачи Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт металлургического машиностроения им. академика Целикова и ООО фирма «ШПС» спроектировали, изготовили и поставили российским и казахским заказчикам семь шаропрокатных комплексов для производства мелющих тел диаметром от 16 до 40 мм с твердостью не менее 56–61 HRC. Общий выпуск мелющих тел на этом оборудовании превысил 120 тыс. т/год. Представлено описание шаропрокатного оборудования. Приведены его основные технические характеристики. Показано, что созданные комплексы реализуют непрерывную технологию производства мелющих тел в едином технологическом потоке, включающем загрузку заготовки в нагревательную печь, нагрев заготовки, горячую винтовую прокатку в двухвалковой рабочей клетки, подстуживание шаров до температуры закалки в подстуживающем барабане, прерванную закалку на воду в закалочном барабане и самоотпуск шаров в контейнерах. Модели шаропрокатных станков для производства мелющих шаров диам. 20–60 мм могут быть исполненными с индукционной или газовой нагревательной печью. Создано пять базовых моделей, отличающихся производительностью, сортаментом мелющих тел и мощностью нагревательного оборудования, что позволяет снизить капитальные затраты на приобретение оборудования. Комплексы могут работать в ручном и автоматическом циклах.

**Ключевые слова:** тонкий помол руды, мелющие тела малого диаметра, шаропрокатный комплекс, шаропрокатный стан, винтовая прокатка.

**Ссылка для цитирования:** Котенок В.И., Подобедов С.И., Тугушев П.Н., Берестнев С.А. Российский опыт в создании шаропрокатных комплексов для производства мелющих тел малого диаметра // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2020. Т. 76. № 11. С. 1113-1118.

**Doi:** 10.32339/0135-5910-2020-11-1113-1118

## CREATION OF BALL ROLLING COMPLEXES FOR PRODUCTION OF SMALL DIAMETER GRINDING BODIES

*V. I. KOTENOK<sup>1</sup>, HD (Tech.), Deputy General director, shps140@mail.ru;  
S. I. PODOBEDOV<sup>2</sup>, Chief technologist; P. N. TUGUSHEV<sup>2</sup>, Head of Designing Dept.;  
S. A. BERESTNEV<sup>2</sup>, Leading designer  
(<sup>1</sup> JSC AKHk «VNIIMETMASH», Russia, Moscow; <sup>2</sup> OJSC firm «ShPS», Russia, Moscow)*

**Abstract.** Increasing volume of industrial processing of ores with decreased content of extracted elements resulted in a necessity of large volumes of their fine grinding for effective enrichment. Since the fine grinding can be provided only by application of small diameter grinding bodies (balls and clypebs), a demand sharply arose for grinding bodies of small diameter (less 40 mm). However, the demand turned out to be unsatisfied because of absence of necessary equipment. To solve the problem, the All-Russian research, development and designing Institute of metallurgical machine building after academician Tselikov and OJSC «ShPS» have designed, manufactured and supplied to Russian and Kazakh customers seven ball rolling complexes for production grinding bodies of diameter from 16 to 40 mm and hardness 56–61 HRC at least. Total production of the grinding bodies exceeded 120 thousand t/year. Description of the ball rolling equipment presented as well as its basic technical characteristics. It was shown, that created complexes realize a continuous technology of grinding bodies production in the united technological flow, including work piece charging into reheating furnace, the work piece heating, hot screw rolling in the two-high working stand, balls chilling down to hardening temperature in the chilling drum, interrupted hardening by water in the chilling drum and balls self-tempering in containers. Other modifications of the ball rolling complexes for production balls of 20–60 mm diameter can have induction furnace or gas reheating furnace. There were five base modifications created differing in productivity, assortment of the grinding bodies and power of the heating



equipment, which enables to decrease the capital outlays for the equipment acquisition. The complexes can operate in both manual and automatic cycles.

**Key words:** fine ore grinding, grinding bodies of small diameter, ball rolling complex, ball rolling mill, screw rolling.

**For citation:** Kotenok V.I., Podobedov S.I., Tugushev P.N., Berestnev S.A. Creation of ball rolling complexes for production of small diameter grinding bodies. *Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoi i ekonomicheskoi informatsii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2020, vol. 76, no. 11, pp. 1113-1118. (In Russ.).

**Doi:** 10.32339/0135-5910-2020-11-1113-1118.

В связи со значительным вовлечением в промышленную переработку руд с пониженным содержанием извлекаемых элементов возникла необходимость в больших объемах их тонкого помола для эффективного обогащения. Поскольку тонкий помол достигается только за счет уменьшения диаметра мелющих тел (шаров и цилиндров), то резко возрос спрос на мелющие тела малого диаметра (менее 40 мм) [1]. Однако он оказался неудовлетворенным ввиду отсутствия необходимого оборудования.

Шаропрокатные станы ШПС 40–80 и ШПС 80–120, ранее разработанные ВНИИМЕТМАШ, предназначены для промышленного изготовления мелющих шаров диаметром более 40 мм [2]. Удовлетворить потребность в мелющих шарах диаметром менее 40 мм шаропрокатным станом ШПС 25–50, предназначенным для производства

подшипниковых шаров, также не предоставлялось возможным из-за узкого сортамента прокатываемых шаров, а также из-за малой мощности и производительности оборудования. Кроме того, в составе этого стана отсутствует оборудование для термической обработки шаров, что не позволяет производить высокотвердые мелющие тела.

В связи с этим возникла необходимость в создании промышленной технологии и оборудования для производства стальных мелющих тел — шаров и цилиндров (мелющих цилиндров) малого диаметра (16–40 мм) 4 и 5 групп твердости по ГОСТ 7524–2015 (для шаров) и ТУ 1172-001-913535595–2012 (для цилиндров) и в организации на их базе специализированных промышленных производств.



а



б

**Рис. 1.** Мелющие шары Ø16 мм (а) и цилиндрсы Ø22×35 мм (б)

**Fig. 1.** Grinding balls Ø16 mm (a) and cylpebs Ø22×35 mm (б)

Для решения этой проблемы специалистами АО АХК «ВНИИМЕТМАШ» и ООО фирма «ШПС» за последние семь лет спроектировано, изготовлено и поставлено заказчикам из России и Казахстана семь шаропрокатных комплексов (ШПК) для производства мелющих тел диаметром от 16 до 60 мм с твердостью не менее 56–61 HRC.

Современный ШПК состоит из шаропрокатного стана (ШПС), включающего нагревательную печь, двухвалковую рабочую клетку винтовой прокатки с приводом; участка термической обработки шаров, включающего подстуживающий барабан и закалочное устройство; транспортных механизмов, оснащенных современным электро-, гидро- и пневмоприводами, системами кон-

троля и управления технологическим процессом производства мелющих тел. Общая мощность поставленных ШПС превышает 120 тыс. т/год (табл. 1).

Созданные комплексы реализуют непрерывную технологию производства мелющих тел в едином технологическом потоке (рис. 2). Благодаря соосному расположению линий прокатки и нагрева металла удается обеспечить неизменный температурный режим металла на каждой стадии прокатки и термообработки шаров. Это позволяет получать стабильную твердость, от которой, в свою очередь, зависит износостойкость мелющих тел.

ТАБЛИЦА 1. ПОСТАВКА ПРОКАТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕЛЮЩИХ ТЕЛ

TABLE 1. SUPPLY OF ROLLING EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF GRINDING BODIES

Год	Страна	Заказчик	Оборудование	Выпускаемая продукция
2013	Россия	ООО КПК НИСМА	ШПС 20–40	Мелющие шары Ø16, 20, 25, 30, 35, 40 мм и цильпессы Ø20–35 мм
2014	Россия	ОАО “Северсталь”	ШПС 20–60	Мелющие шары Ø20, 25, 30, 40, 50, 60 мм
2015	Казахстан	АО ССГПО	ШПС 30–60	Мелющие шары Ø35, 40 мм
2016	Россия	ООО КПК НИСМА	ШПС 20–40М	Мелющие шары Ø16, 20, 25, 30, 35, 40 мм и цильпессы Ø 20–35 мм
2016	Россия	АО “Сухоложское литье”	ШПС 20–60	Мелющие шары Ø25, 30, 40, 60 мм
2017	Казахстан	ТОО “КазЦинк”	ШПК 16–25	Мелющие шары Ø16, 20, 25 мм
2018	Казахстан	ТОО “КазЦинк”	ШПК 20–50	Мелющие шары Ø20, 25, 30, 40, 50 мм

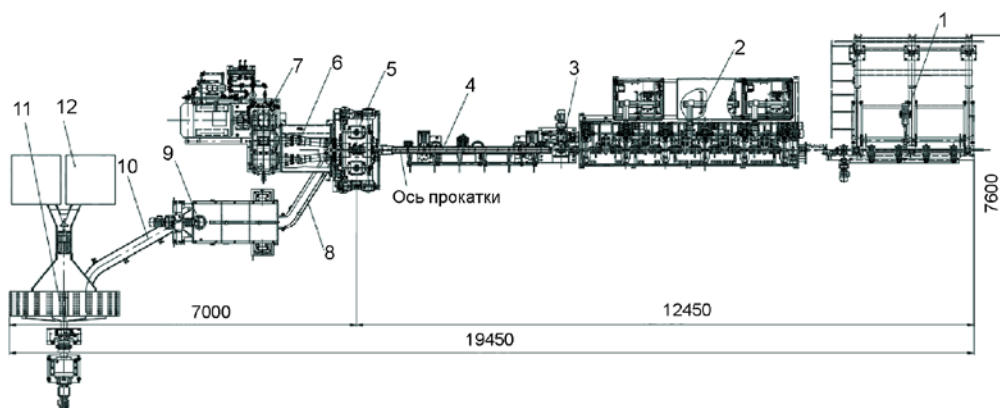


Рис. 2. Технологическая схема ШПК с индукционной нагревательной установкой на примере ШПК 20–50:

1 — устройство загрузочное; 2 — индукционная нагревательная установка; 3 — ролики задающие; 4 — желоб приема нагретых заготовок; 5 — рабочая клеть; 6 — шпиндели; 7 — главный привод; 8 и 10 — желоба; 9 — барабан подстуживающий; 11 — устройство закалочное; 12 — контейнеры для готовых шаров

Fig. 2. Technological diagram of the ShPK complexes with an induction heating unit on the example of ShPK 20–50:

1 — loading device; 2 — induction heating unit; 3 — driving rollers; 4 — chute for receiving heated blanks; 5 — working stand; 6 — spindles; 7 — main drive; 8 and 10 — chutes; 9 — chilling drum; 11 — hardening device; 12 — containers for finished balls

Модификации ШПК выполнены с индивидуальным подходом к каждому заказчику с учетом требований по производительности, автоматизации технологического процесса производства мелющих тел и собственных сырьевых потребностей.

Технический уровень оборудования позволяет варьировать необходимую производительность стана с помощью изменения заходов винтовых калибров на рабочих валках, а также мощностью нагревательного индукционного оборудования и т. д.

Основные технические характеристики ШПК приведены в табл. 2.

Оборудование моделей ШПК предназначено для прокатки шаров из 3-м круглых горячекатаных прутков из углеродистой, низко- и среднелегированной стали. На станах ШПС 20–60 шары прокатывают из заготовок длиной от 3 до 5 м.

Прокатные комплексы работают следующим образом. Пакет заготовок в виде прутков цеховым краном помещают на решетку загрузочного устройства, с которого заготовки поштучно при помощи дозатора сбрасываются на рольганг. Рольганг предназначен для транспортировки заготовки до задающего ролика индукционного нагревателя с заданной скоростью.

Заготовка, поступившая на транспортные ролики индукционной нагревательной установки (рис. 3), нагревается до температуры 1000–1150 °С. На выходе из индукционной установки заготовка попадает в водоохлаждаемые ролики, предназначенные для захвата переднего конца заготовки после выхода ее из последнего индуктора и для перемещения со скоростью нагрева по приемному желобу стана. Сведение роликов на прижим заготовки осуществляется при помощи пневмоцилиндров.

ТАБЛИЦА 2. СОРТАМЕНТ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШАРОПРОКАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

TABLE 2. RANGE AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF BALL ROLLING COMPLEXES

Модель ШПК/ШПС	ШПК 16–25	ШПК 20–40	ШПК 20–40/М	ШПК 20–50	ШПС 20–60	ШПС 30–60	ШПС 20–60
Год поставки	2017	2013	2016	2018	2014	2015	2016
Длина заготовки, м	3	3	3	3	5	5	5
Мощность индукционной и нагревательной установки, кВт	500	750	1000	1250	2000	2000	Газ
Размеры мелюших тел, мм	Среднечасовая производительность, т/ч						
Диаметр шаров	16	0,79	0,85	0,93	—	—	—
	20	1,26	1,26	1,27	1,58	1,57	—
	25	1,28	1,47	1,67	2,45	2,26	—
	30	—	1,31	1,45	1,38	3,63	3,63
	35	—	1,69	1,77	—	—	—
	40	—	2,01	2,26	2,25	6,00	6,00
	50	—	—	—	3,13	4,49	—
Размеры цильпесов	Ø22×35	—	1,1	1,1	—	—	—
	Ø25×38	—	1,4	1,4	—	—	—
	Ø30×50	—	2,4	2,4	—	—	—



Рис. 3. Загрузочное устройство и нагревательная установка шаропрокатного стана

Fig. 3. Loading device and heating installation of a ball rolling mill

Приемный желоб состоит из самого желоба, крышки, механизма выбрасывания заготовок и кармана (рис. 4). Он регулируется по высоте относительно оси прокатки в зависимости от диаметра прокатываемой заготовки. Рабочее положение крышки приемного желоба — закрыто. Крышка приемного желоба открывается для выброса заготовки выбрасывателем в карман, необходимый для приема заготовки, не пошедшей на прокатку. Из желоба заготовка попадает во вводную проводку. Она предназначена для направления горячего металла в валки и удержания заготовки на оси прокатки.



Рис. 4. Поступление нагретой заготовки в желоб загрузки ШПК 20–50

Fig. 4. Entering the heated billet into the loading chute of ShPK 20–50

Рабочая клетка (рис. 5) имеет сварную станину, установленную на раме. Внутри станины установлены две траверсы — правая и левая, на которые крепятся узлы рабочих валков и приводы нажимных винтов с бронзовыми гайками для установки валков. Привод нажимных винтов обеспечивает установку соответствующего расстояния между валками для прокатки шаров определенного диаметра. Кроме того, привод позволяет осуществлять регулирование угла раскатки. На клетки стана устанавливаются два электродвигателя, по одному на каждую сторону, которые через ременную передачу передают вра-



щение на попарно соединенные через муфту редукторы нажимных винтов. Таким образом, можно осуществлять одновременное перемещение двух нажимных винтов при помощи электродвигателя, при этом происходит изменение расстояния между валками в радиальном направлении. Также возможно индивидуальное перемещение вручную (при расцепленной муфте), что способствует повороту кассеты с валком в горизонтальной плоскости на угол раскатки.



**Рис. 5.** Рабочая клеть шаропрокатного стана ШПК 16–25

**Fig. 5.** Working stand of a ball rolling mill of ShPK 16–25

Для осевой настройки калибров валков предусмотрен механизм осевой регулировки валков. В нижней части станины расположен стационарный нижний линейкодержатель. Нижняя линейка по высоте выставляется с помощью набора прокладок. Верхний линейкодержатель установлен в верхней части станины и снабжен механизмом, обеспечивающим подъем и опускание верхней линейки.

Привод валков ШПС (рис. 6) осуществляется от двигателя переменного тока. Он соединен с быстроходным валом комбинированного редуктора зубчатой муфтой. Редуктор раздает вращательное движение от двигателя на два валка рабочей клетки через карданные валы.



**Рис. 6.** Привод рабочей клетки ШПК 20–50

**Fig. 6.** Drive of the working stand of ShPK 20–50

Процесс прокатки начинается после захвата металла валками. В процессе прокатки прутковая заготовка получает вращение и осевое пе-

ремещение в винтовом калибре, где происходит непрерывное формообразование и отделение шаров, которые скатываются по желобу на участок термообработки.

Существует два варианта исполнения участка термообработки шаров малого диаметра. На ШПК 16–25 и ШПК 20–40 участок термообработки состоит из подстуживающего и закалочного барабанов. Подстуживающий барабан служит для транспортировки шаров к закалочному устройству. В ходе транспортировки температуры шаров выравниваются по сечению и поверхности и снижаются до заданного уровня. В закалочном устройстве происходит непосредственно их закалка в воде до необходимой твердости (рис. 7).



**Рис. 7.** Участок термообработки шаров ШПК 16–25

**Fig. 7.** The area of balls heat treatment of ShPK 16–25

На ШПК 20–50 реализована технология закалочного колеса вместо закалочного барабана. Колесо с наваренными изнутри транспортными ковшами частично погружается в бассейн с водой. Колесо вращается с заданной скоростью, обеспечивая необходимое время нахождения шаров в воде в соответствии с режимом термообработки (рис. 8).



**Рис. 8.** Участок термообработки шаров ШПК 20–50

**Fig. 8.** The area of balls heat treatment of ShPK 20–50

После закалочного устройства шары по раздаточному желобу скатываются в один из двух контейнеров, которые попеременно заполняют шарами. Заполненный контейнер краном отправляют на участок самоотпуска, а на его место ставят пустой.

Управление механизмами описанных выше прокатных станов и комплексов возможно осуществлять в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах.

Электропривод и система автоматизации станов выполнены на базе современных технологий с использованием цифровых преобразователей переменного тока, микропроцессорного программируемого контроллера, человеко-машинного интерфейса на базе панели оператора.

Схемами управления электроприводами предусмотрены необходимые защиты и блокировки, предотвращающие недопустимые режимы работы оборудования. Системы диагностики и сопровождения параметров позволяют получать полную информацию о неисправностях в случае нарушения нормальной работы, что значительно упрощает техническое обслуживание и сокращает простой.

Высокий уровень автоматизации позволяет трем рабочим управлять всеми механизмами стана. Оператор стана настраивает и следит за работой прокатного и нагревательного участков стана, один вальцовщик обслуживает загрузочное устройство, а другой — контейнеры с шарами.

### Выводы

1. Разработан и внедрен в производство ряд современных высокопроизводительных ШПС и ШПК для изготовления высококачественных мелющих тел (шаров и цельпесов) диаметром от 16 до 60 мм с твердостью не менее 56–61 HRC.

2. Для удовлетворения потребностей заказчиков в оборудовании по его производительности и сортаменту производимых мелющих тел создано

пять базовых моделей с различной мощностью нагревательного оборудования, что позволяет снизить капитальные затраты на приобретение оборудования.

3. Модели ШПС для производства мелющих шаров диам. 20–60 мм могут быть оснащены индукционной или газовой нагревательной печью.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Серго Е.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых: учебник для вузов. — М.: Недра, 1985. — 285 с.
2. Целиков А.И., Барбарич М.В., Васильчиков М.В. и др. Специальные прокатные станы. — М.: Metallurgia, 1971. — 336 с.

*Поступила 4 августа 2020 г.*

### REFERENCES

1. Sergo E.E. *Droblenie, izmel'chenie i grokhochenie poleznykh iskopaemykh* [Crushing, milling and screening of minerals]. Moscow: Nedra, 1985, 285 p. (In Russ.).
2. Tselikov A.I., Barbarich M.V., Vasil'chikov M.V., Granovskii S.P., Zhukevich-Stosha E.A. *Spetsial'nye prokatnye stany* [Special rolling mills]. Moscow: Metallurgiya, 1971, 336 p. (In Russ.).

*Received August 4, 2020*