



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-32-36>
УДК 621.74

Поступила 25.01.2022
Received 25.01.2022

ЛИТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ В ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ МЕЛЮЩИХ ШАРОВ

Д. А. ВОЛКОВ, А. Д. ВОЛКОВ, А. В. ЕФИМЕНКО, ОАО «БЕЛНИИЛИТ»,
г. Минск, Беларусь, ул. Машиностроителей, 28. E-mail: d.volkov@belniilit.by

Представлено проведение ряда экспериментальных и исследовательских работ по разработке параметров технологии литья мелющих шаров методом литья в облицованный кокиль с вертикальным разъемом. Выявлено влияние многоуровневой литниковой системы на эффективность заполнения расплавом полости формы облицованных кокилей на качество кристаллизации крупных мелющих шаров, а также на повышение выхода годного литья. Исследовано влияние толщины облицовочного слоя на кристаллизацию крупных мелющих шаров. Исследовано влияние модификаторов с содержанием бария, магния и церия на физико-механические характеристики мелющих шаров и отдельно отлитых образцов. Разработана технология устранения усадочных раковин в литых мелющих шарах путем усиления направленной кристаллизации за счет частичной замены облицовочного слоя термостойким водным покрытием. Предложено оборудование для массового производства высококачественных крупных мелющих шаров, разработанное ОАО «БЕЛНИИЛИТ» и конкурентное мировым аналогам.

Ключевые слова. Литые мелющие шары, литье в облицованный кокиль, литниковые системы, выход годного, направленная кристаллизация.

Для цитирования. Волков, Д. А. Литниковые системы в технологии литья мелющих шаров / Д. А. Волков, А. Д. Волков, А. В. Ефименко // *Литье и металлургия*. 2022. № 1. С. 32–36. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-32-36>.

GATING SYSTEMS IN THE CASTING GRINDING BALLS TECHNOLOGY

D. A. VOLKOV, A. D. VOLKOV, A. V. EFIMENKO, OJSC “BELNIIILIT”,
Minsk, Belarus, 28, Mashinostroiteley str. E-mail: d.volkov@belniilit.by

The article presents a number of experimental and research works on the development of parameters of the casting technology of grinding balls by casting in a lined coquille (chill mould) with a vertical connector. The influence of a multi-level gating system on the efficiency of filling the mold cavity of lined coquilles with melt, on the quality of crystallization of large grinding balls, as well as on increasing the output of suitable casting was revealed. The influence of the thickness of the facing layer on the crystallization of large grinding balls is studied. The effect of modifiers containing barium, magnesium and cerium on the physical and mechanical characteristics of grinding balls and separately cast samples is investigated. Technology has been developed to eliminate contraction cavity in cast grinding balls by enhancing direct crystallization by partially replacing the facing layer with a heat-resistant water coating. The equipment for large-lot production of high-quality large grinding balls developed by OJSC “BELNIIILIT” and competitive to world analogs is proposed.

Keywords. Cast grinding balls, casting in lined coquille, gating systems, output of suitable, directional crystallization

For citation. Volkov D. A., Volkov A. D., Efimenko A. V. Gating systems in the casting grinding balls technology. *Foundry production and metallurgy*, 2022, no. 1, pp. 32–36. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-32-36>

Ежегодно в мире с помощью мелющих тел размалывают около 2 млрд. тонн минерального сырья, причем с каждым годом увеличиваются объемы размола. В то же время в производстве происходит постоянное совершенствование технологии производства мелющих тел с целью повышения их качества и снижения себестоимости. С этой целью ОАО «БЕЛНИИЛИТ» по заказу ОАО «Пашийский металлургическо-цементный завод» провел работу по разработке технологии для производства литых мелющих шаров методом литья в облицованный кокиль. Для проведения работ была разработана и изготовлена универсальная технология и оснастка для изготовления мелющих шаров диаметром 100 мм с содержанием хрома 1%, толщина облицовочного слоя – 10 мм, толщина питателей – диаметром 12 мм. Выбор диаметра шаров был определен заказчиком из того, что на шарах диаметром 100 мм вероятность образования дефектов будет наибольшей. Универсальность технологии состоит в том, что возможно изготавливать кусты мелющих шаров с различными литниковыми системами и соответственно с разным выходом годного (рис. 1).

Работу проводили на лабораторных площадях ОАО «БЕЛНИИЛИТ» на однопозиционной машине мод. П1547, где можно установить кокиль с максимальными размерами 1000x500 мм, применяемыми в производстве.

Качество опытных партий шаров диаметром 100 мм определяли испытанием на ударную стойкость на стенде мод. П1755, а наличие пор и усадочных раковин – после резки шаров пополам и визуального осмотра (рис. 2, б).

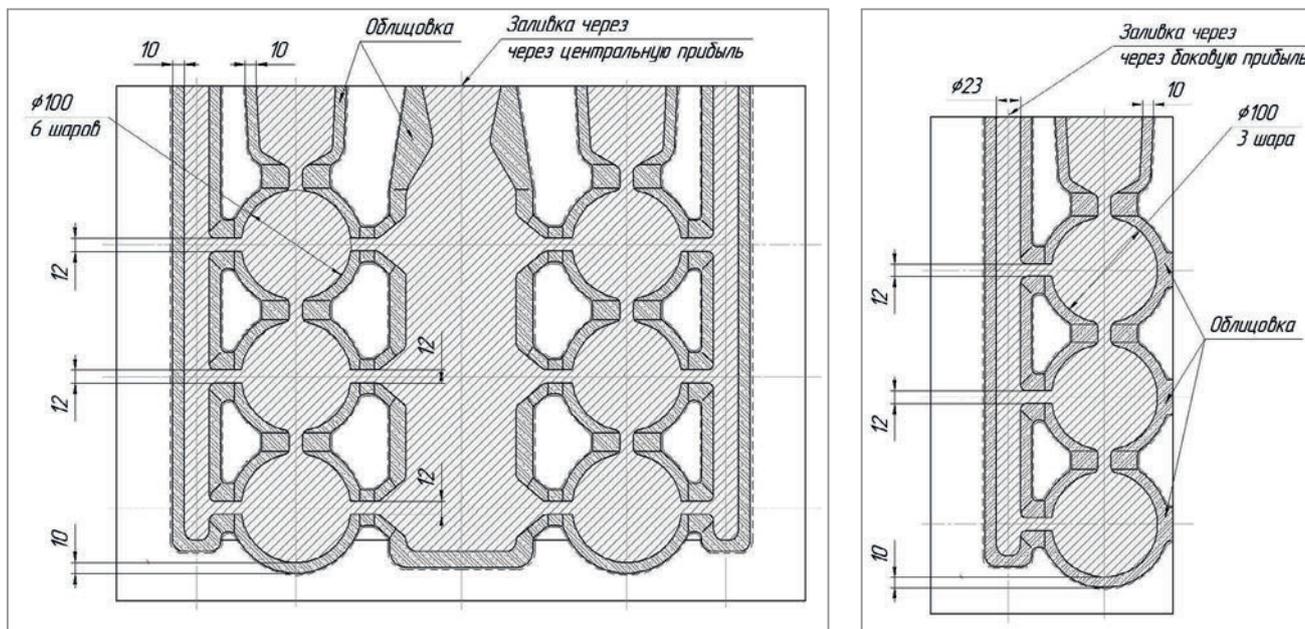


Рис. 1. Схема литья кустов шаров диаметром 100 мм с разными литниковыми системами



Рис. 2. Отлитые кусты чугуновых шаров диаметром 100 мм с содержанием хрома 1% с центральной заливкой (а) и образцы шаров после испытаний (б). Отлитые кусты шаров с измененной литниковой системой (в)

Результаты испытаний

1. Разрезанные шары диаметром 100 мм не имеют визуальных дефектов (усадка, пористость, раковины и т.д.) в отличие от мелющих шаров диаметром 100 мм, отлитых в песчано-глинистых формах.

2. Испытанные шары диаметром 100 мм на ударную стойкость с содержанием хрома 1% выдержали не менее 1000 циклов до разрушения, что в 4–5 раз превышает стойкость при литье мелющих шаров в песчано-глинистые формы.

В результате проведенных работ по данной технологии достигнут выход годного 50% (рис. 2, а), что сравнимо с результатами работ на формовочной линии DISAMATIC при литье шаров диаметром 100 мм.

Для выяснения максимального выхода годного на данном кокиле при заливке серого чугуна были отлиты шары с измененной литниковой системой (многоярусной) (рис. 2, в). Толщина облицовочного слоя – 10 мм, толщина питателей – диаметром 12 мм. Были достигнуты следующие результаты: выход

Физико-механические характеристики отдельно отлитых образцов

Номер образца	Способ получения, с применением модификатора	Содержание, %	Твердость НВ	Предел прочности, МПа	
				при первом испытании	при втором испытании
0	Бариевого FiBar 2025	0,5	211	233	–
1	Бариевого FiBar 2025	0,5	199	246	219
2	Бариевого FiBar 2025	0,5	195	220	259
3	Цериевого FiBarCe	0,5	187	207	240
4	Цериевого FiBarCe	0,5	187	223	229
5	Магниевого FiMag 5762	1,5	260	536	706
6	Магниевого FiMag 5762	1,5	Разрыв в нерасчетной части образца		
7	Без применения модификатора		202	191	-
8	Без применения модификатора		187	202	-
9	Без применения модификатора		255	257	-

годного – 90%, в связи с высокими физико-механическими характеристиками отдельно отлитых образцов (см. таблицу) испытания шаров на ударную стойкость не проводили.

Также были проведены работы на этом же кокиле по разработке технологии литья стальных шаров с содержанием углерода до 1%. Толщина облицовочного слоя – 10 мм, толщина питателей – диаметром 12, 20 и 30 мм.

В результате выполненных работ, несмотря на изменение литниковых систем, практически все мелющие стальные шары имели внешний или внутренний дефект: рассредоточенная пористость либо большие усадочные раковины (рис. 3). Причем дефекты были на всех мелющих телах, рассредоточенная пористость была при первых заливках, а усадочные раковины – на последующих заливках (т.е. когда кокиль был перегрет).

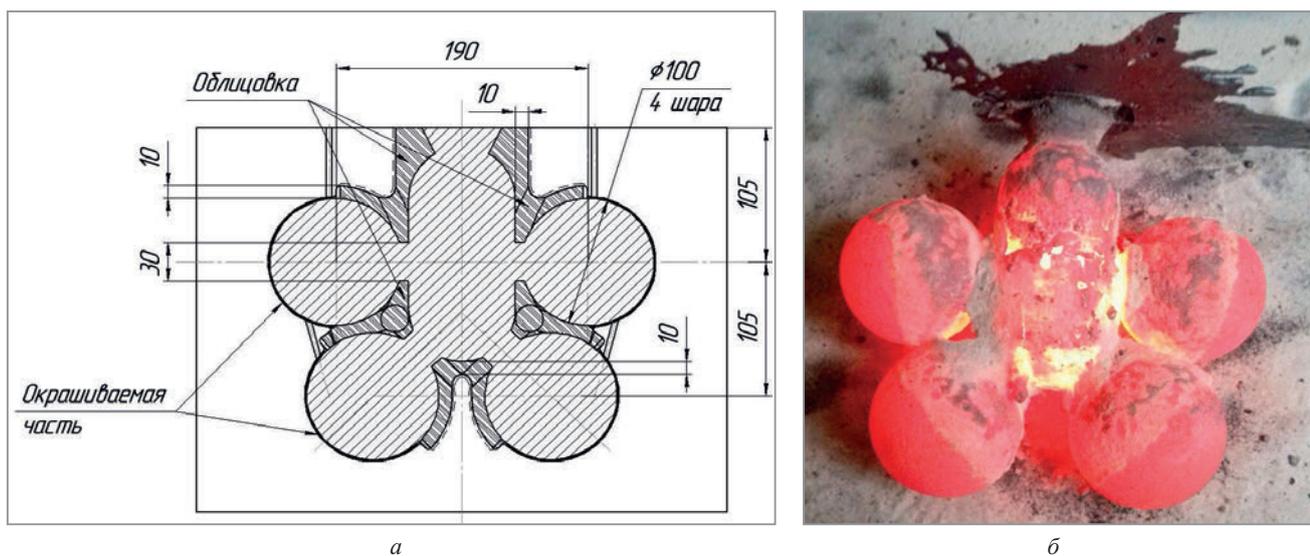


Рис. 3. Отлитые кусты стальных шаров с внутренними дефектами

Поэтому была разработана новая технология с улучшением условий кристаллизации за счет уменьшения толщины облицовочного покрытия в некоторых местах, где в качестве противопопригарного покрытия использовали краску на водной основе (рис. 4).

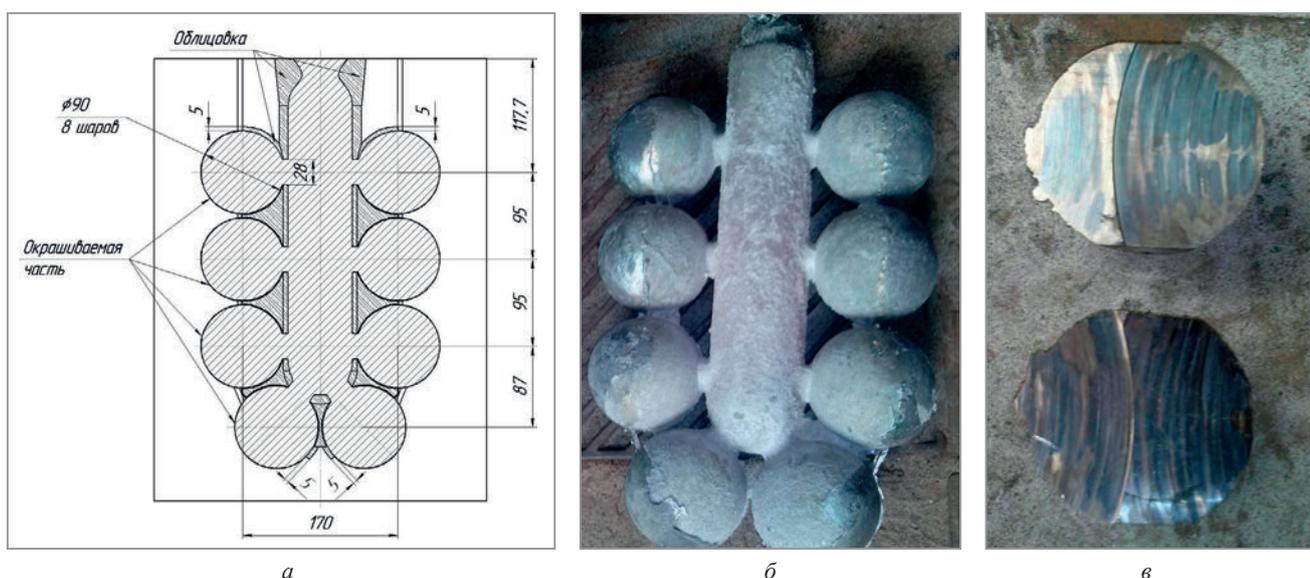
Для этого был разработан и изготовлен кокиль на шар диаметром 100 мм с литниковой системой с выходом годного 72%, толщиной облицовочного слоя 10 мм, толщиной питателей диаметром 30 мм.

На следующем этапе ставилась задача – разработать литниковую систему с более высоким выходом годного на чугунных шарах с содержанием хрома от 10 до 30%. Изготавливали шары из чугуна с содержанием хрома до 10% и чугуна марки ИЧХ28 с содержанием хрома от 26 до 30%, т.е. ставилась задача получать шары 4-й группы твердости. Для этого был разработан и изготовлен кокиль на шар диаметром 90 мм с литниковой системой (рис. 5) с выходом годного 70%. Толщина облицовочного слоя – 5 мм, толщина питателей – диаметром 28 мм. Для улучшения условий кристаллизации хромистых чугунов была применена направленная кристаллизация, которая создается в облицованном кокиле за счет частичной окраски формообразующей части кокиля. Для окраски применяли графитовую краску на водной основе производителя НПП «Эвтектика».



б

Рис. 4. Схема литья кустов стальных шаров диаметром 100 мм с улучшенными условиями кристаллизации (а); отлитые кусты стальных шаров диаметром 100 мм с содержанием углерода до 1% (б) ирезы шаров после испытаний (в). Выдержали испытание 2500 ударов и ни один не раскололся



а

б

в

Рис. 5. Схема литья кустов чугунных шаров диаметром 90 мм с улучшенными условиями кристаллизации (а); отлитые чугунные шары диаметром 90 мм с содержанием хрома 10% с литниковой системой (б) ирезы шаров после испытаний (в)

В ходе исследований получены следующие результаты:

1. Все чугунные шары при разрезе не имеют внутренних дефектов.
2. Чугунные шары с содержанием 10% хрома выдержали 1500 ударов без разрушений, после чего отпала необходимость в дальнейших испытаниях.

Твердость шаров с содержанием 10% хрома достигала 54–55 HRC.

Исходя из положительных результатов, для повышения выхода годного предлагается схема литниковой системы для новых облицованных кокилей (рис. 6), которые будут установлены на действующие новые машины типа мод. 49107, 49108 и 49109, разработанные ОАО «БЕЛНИИЛИТ». Выход годного – 81,2%

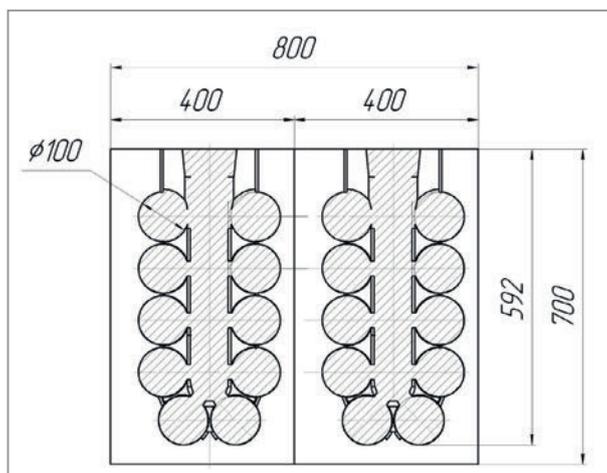


Рис. 6. Примерная схема расположения мелющих шаров диаметром 100 мм в облицованном кокиле для массового производства

Выводы

При массовом производстве высококачественных крупных мелющих шаров диаметром 90–120 мм с содержанием хрома около 10% при литье в облицованный кокиль рекомендуется использовать разработанную ОАО «БЕЛНИИЛИТ» многоуровневую литниковую систему с применением направленной кристаллизации, что позволяет сохранить размер диаметра питателей 12 мм для легкого отделения мелющих шаров от литниковой системы и получить твердость 4-й группы в соответствии с ГОСТ 7524-89.