

К. Е. Писмарев, О. М. Бохонов, В. П. Бердник, Ю. Н. Попов, Ю. Е. Бородина

ЧАО «Мариупольский металлургический комбинат имени Ильича», Мариуполь

## Использование огнеупорных порошков, изготовленных из огнеупорного лома отработанной футеровки мартеновских печей, для производства подварочных огнеупоров и торкретмасс

*Описан способ переработки огнеупорного лома отработанной футеровки в условиях технологического участка и использование огнеупорных порошков собственного производства для изготовления подварочных огнеупоров и торкретмасс, применяемых для проведения горячих ремонтов футеровки кислородных конвертеров, в условиях конвертерного цеха ЧАО «ММК им. Ильича». Целью разработки способа переработки огнеупорного лома из отработанной футеровки является получение недорогого вторичного импортозамещающего сырья, применяемого для производства огнеупорной продукции.*

**Ключевые слова:** лом отработанной футеровки, б/у огнеупорные изделия, рециклинг, огнеупорные порошки, кислородный конвертер, торкретмасса, подварочные огнеупоры, уход за футеровкой, горячий ремонт, торкретирование, подварка.

**В** условиях жесткой конкуренции на рынке металлопродукции снижение себестоимости стали за счет снижения затрат на изготовление и обслуживание футеровки кислородных конвертеров приобретает важное значение. При этом экономичность производства стали и производительность плавильных агрегатов во многом зависят от стойкости футеровки конвертеров.

Проблема повышения стойкости футеровки может быть решена при комплексном подходе, учитывающем основные факторы:

- качество применяемых огнеупорных изделий и материалов;
- оптимальная схема огнеупорной кладки;
- технологические параметры ведения плавки, влияющие на условия эксплуатации футеровки;
- способы ухода за футеровкой в течение кампании [1].

Учитывая, что и стойкость футеровки, и затраты на ее обслуживание зависят от способа ухода, частоты проведения операций и используемых для горячего ремонта материалов, остановимся подробнее на последнем факторе. Стойкость футеровки определяется стойкостью участков повышенного износа, поэтому для ее поддержания и восстановления в течение всей кампании осуществляют операции подваривания, торкретирования и ошлаковки (наведения шлакового гарнисажа), которые не требуют длительного простоя агрегата и также могут выполняться в периоды вынужденных межплавочных простоев. Горячие ремонты проводят с использованием подварочных огнеупоров и торкретмасс собственного производства, изготовление которых организовано в отделении производства огнеупоров конвертерного цеха.

На сегодняшний момент для проведения горячих ремонтов разработаны подварочные огнеупоры на основе высококачественных периклазовых порошков импортного производства (82-90% MgO) и смоляной связки, а также несколько десятков составов торкрет-

масс, изготавливаемых с применением, в качестве огнеупорной и топливной составляющей, различного сырья.

Специалистами отдела огнеупоров технического управления постоянно ведется работа по усовершенствованию составов торкретмасс, направленная на обеспечение бесперебойного производства, снижения стоимости торкретмасс, замену или снижение доли дорогостоящего импортного сырья.

Наряду с этим, в условиях высокой стоимости, дефицита и нестабильных поставок сырья рециклинг отработанных огнеупоров приобретает актуальное значение и позволяет обеспечить:

- бесперебойную работу;
- снижение затрат на производство огнеупоров и стали (за счет использования недорогого вторичного сырья);
- экономию природных ресурсов и энергии;
- снижение загрязнения окружающей среды [2].

Как правило, возможны два варианта рециклинга огнеупоров: их прямое использование после службы в агрегате по другому назначению или использование для изготовления новых видов формованной или неформованной огнеупорной продукции [3].

Технология рециклинга, включающая отбор и сортировку огнеупорного лома с последующим изготовлением огнеупорных порошков, мертелей и смесей, была внедрена на участке по сбору и переработке огнеупорного лома цеха ремонта металлургических печей (ЦРМП), однако, в связи с реорганизацией данного подразделения, и одновременно, в связи с принятием решения о закрытии мартеновского цеха, встал вопрос о складировании, переработке и повторном использовании огнеупорного лома, образующегося в большом количестве в ходе демонтажа мартеновских печей, в условиях комбината.

Учитывая, что огнеупорный лом характеризуется многокомпонентностью – смешаны огнеупоры различных составов, имеются посторонние включения,

замусоренность, с целью его повторного использования необходимо было организовать сбор, тщательную сортировку и переработку лома собственными силами в условиях комбината. Для проведения данной работы было принято решение использовать производственные мощности и персонал технологического участка, расположенного на промышленной площадке склада управления складского хозяйства.

Сбор огнеупорного лома и его предварительную сортировку производили непосредственно в ходе демонтажа мартеновских печей. Затем огнеупорный лом в думпкарах поставлялся на технологический участок для последующей переработки, включающей очистку, тщательную ручную сортировку б/у огнеупоров по видам, с последующим дроблением отсортированного лома с целью получения огнеупорных порошков.

Специалистами отдела огнеупоров технического управления и специалистами технологического участка была проведена работа по разработке и внедрению технологии сортировки огнеупорного лома и производства огнеупорных порошков в условиях комбината. Совместно со специалистами отдела нормирования и основных данных технического управления было выполнено технологическое сопровождение производства – нормирование расхода материалов, подготовка и загрузка в продуктивную систему SAP основных данных (спецификаций, технологических карт и вариантов изготовления).

Согласно разработанной технологии, сортировка смешанного огнеупорного лома отработавшей футеровки мартеновских печей производилась вручную на 3 вида: периклазовый, периклазохромитовый и шамотный, что было обусловлено дальнейшим назначением огнеупорных порошков, получаемых путем дробления отсортированного по видам лома на щековой дробилке (рис. 1). Техническая характеристика применяемого оборудования позволила получать порошок фракцией 0-20 мм, что технологически подходило для его последующего использования (рис. 2). Средняя производительность персонала, осуществляющего ручную сортировку смешанного огнеупорного лома, составила 2,5 т/ч, средняя производительность дробильного оборудования, используемого для производства огнеупорного порошка – 5 т/ч.

Следует отметить, что изменение физико-химических свойств огнеупоров после службы несколько



Рис. 1. Отсортированный по видам лом огнеупоров, подготовленный к дроблению



Рис. 2. Дробление огнеупорного лома и получаемый огнеупорный порошок

снижает их качественные показатели и, тем самым ограничивает использование бывших в употреблении огнеупорных изделий для ответственных элементов футеровки. Однако, учитывая, что для переработки применялись высококачественные б/у огнеупоры, это позволило получать из них недорогое качественное вторичное сырье и применять его для изготовления вспомогательных материалов, используемых для ухода за футеровкой кислородных конвертеров – подварочных огнеупорных изделий и торкретмасс.

Механизм работы подварочных изделий заключается в следующем: при высокой температуре подварочный материал быстро размягчается и превращается в жидкоподвижную субстанцию, которую легко распределять по поверхности футеровки независимо от размеров участков локального износа. В результате этого происходит хорошее спекание материала с основной футеровкой, что повышает срок ее службы. Применение бывших в употреблении периклазовых огнеупоров марки П-91, для проведения

операций подваривания футеровки конвертеров, оказалось малоэффективным, так как они отличались слабым растворением и низкой способностью к растеканию по ремонтируемой поверхности. При этом, использование для изготовления подварочных огнеупоров периклазового огнеупорного порошка из лома отработанной футеровки, с добавлением углеродистого связующего, позволило получить качественные подварочные изделия.

Сравнительный химический состав базового и опытного периклазовых порошков, и изготовленных из них подварочных огнеупорных изделий представлено в таблице.

Опытные подварочные изделия, используемые для проведения горячих ремонтов футеровки конвертеров с апреля 2016 г., в ходе испытаний показали хорошую растекаемость и адгезию к поверхности футеровки конвертера, подварочный слой обладал высокой прочностью. По качественным показателям и служебным свойствам опытные подварочные изделия не уступали базовым, изготавливаемым с использованием дорогостоящего импортного периклазового порошка.

Еще одним эффективным способом ремонта футеровки конвертера, направленным на повышение срока его службы, является факельное торкретирование. Оно обеспечивает ритмичную работу плавильного агрегата, снижение расхода дорогостоящих огнеупорных изделий, снижение числа трудоемких холодных ремонтов, связанных с заменой огнеупорной кладки, увеличение производительности.

Процесс торкретирования заключается в нанесении на футеровку защитного слоя торкретпокрытия из огнеупорной массы определенного состава. Слои торкретпокрытия воспринимают тепловую нагрузку и защищают футеровку от агрессивного воздействия шлака, металла, газа, пара и пыли. Рабочая зона огнеупорной футеровки обогащается высокоогнеупорными окислами из торкретпокрытия, что увеличивает ее стойкость против разрушающих реагентов плавки. Нанесенное покрытие также защищает футеровку от проникающих в поры и трещины расплавов, которые, в условиях периодического колебания температур, оказывают разрушающее воздействие из-за разных коэффициентов термического расширения застывшего металла и огнеупора. [4]

Суть процесса факельного торкретирования состоит в том, что на ремонтируемую поверхность футеровки наносят огнеупорный порошок, в котором частицы предварительно оплавлены в высокотемпе-

ратурном факеле, полученном от сгорания топлива в среде окислительного газа.

Торкретмасса для факельного торкретирования представляет собой тонкодисперсную смесь двух или более компонентов с обязательным содержанием в ней огнеупорной и топливной составляющих. [5]

При этом следует отметить, что значительное повышение экономической эффективности факельного торкретирования возможно лишь при изыскании дешевого недефицитного сырья для изготовления торкретмасс. Одним из источников получения такого сырья является лом отработанной огнеупорной футеровки. Учитывая выше изложенное, сотрудниками отдела огнеупоров были разработаны новые составы опытных торкретмасс с использованием, взамен импортного периклазового порошка, огнеупорных порошков из б/у огнеупоров периклазового и периклазохромитового составов. Опытные торкретмассы изготавливали в отделении производства огнеупоров конвертерного цеха по отработанной ранее технологии и по качественным показателям они соответствовали установленным требованиям.

Испытания опытных торкретмасс, изготовленных с использованием вторичного сырья собственного производства, проводились в условиях конвертерного цеха ЧАО «ММК им. Ильича» при выполнении операций торкретирования на всех конвертерах. В ходе испытаний было отмечено, что при равностойкости торкретпокрытия, опытные торкретмассы обладают служебными свойствами на уровне с торкретмассами базовых составов, но имеет более низкую цену, что позволило за 7 месяцев 2016 г. их использования в сравнении с 2015 снизить на 40% удельные затраты на уход за футеровкой кислородных конвертеров.

В разрезе года использование огнеупорных порошков собственного производства из б/у огнеупоров, взамен дорогостоящего импортного периклазового порошка, позволит получить экономический эффект в сумме 53,4 млн. гривен.

Достигнутый экономический эффект – итог совместной работы и успешного взаимодействия специалистов отдела огнеупоров технического управления – разработчиков технологии переработки огнеупорного лома и использования огнеупорных порошков; специалистов технологического участка – производителей недорогих огнеупорных порошков; а также специалистов конвертерного цеха, являющихся, как производителями, так и потребителями огнеупорной продукции, применяемой для ухода за футеровкой кислородных конвертеров.

#### Химический состав периклазовых порошков и подварочных изделий

Наименование показателя	Периклазовый огнеупорный порошок				Подварочные огнеупорные изделия	
	Базовый	Опытный			Базовые	Опытные
		Мин.	Макс.	Ср. зн.		
Массовая доля на прокаленное вещество, %:						
MgO, не менее	84	80,9	93,29	88,72	82	84,12
CaO, не более	8,0	0,40	2,78	2,10	8,5	3,94
SiO <sub>2</sub> , не более	5,0	2,42	7,10	4,04	5,0	3,34

## Выводы

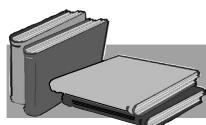
В ходе проведения совместной работы несколькими подразделениями комбината, были получены следующие результаты:

- использованы отвалы лома отработанной футеровки мартеновских печей, как вторичный ресурс для получения недорогого высококачественного огнеупорного сырья;
- показана возможность переработки лома отработанной футеровки и производства огнеупорных порошков собственными силами в условиях технологического участка УСХ;
- снижена доля поставок дорогостоящего импортного периклазового порошка;
- снижены затраты на сырье для производства подварочных огнеупоров и торкретмасс;

– снижены удельные затраты на проведение ухода за футеровкой конвертеров и, как следствие, затраты на производство стали;

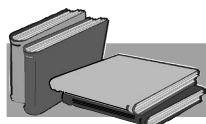
– снижено загрязнение окружающей среды путем ликвидации части огнеупорных отвалов.

В заключение следует отметить, что повышение эффективности использования лома отработанных огнеупоров, с учетом не только снижения удельных затрат на производство огнеупорной продукции и стали, но и с точки зрения экономии минеральных ресурсов, энергии, обеспечения стабильности производства (в условиях нестабильных поставок и дефицита сырья) и уменьшения загрязнения окружающей среды, приобретает актуальное значение, а переход на их максимальное использование с последующей ликвидацией огнеупорных отвалов – является экологически и экономически выгодным.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Турчин М. Ю. Футеровка конвертера и комплекс мер ухода за ней в процессе работы // Новые огнеупоры. – 2013. – № 3. – С. 24.
2. Аксельрод Л. М. Развитие огнеупорной отрасли – отклик на запросы потребителей // Новые огнеупоры. – 2013. – № 3. – С. 119.
3. Рouchка Г., Ватнау Х. Справочник. Огнеупорные материалы. Структура. Свойства. Испытания. – М.: Интермет Инжиниринг, 2010. – 22 с.
4. Штепа Е. Д., Ярмаль А. А., Червоненко В. М., Бердичевский Е. Е., Муравьев В. Н. Факельное торкретирование футеровки кислородных конвертеров. – Киев: «Техника», 1984. – 22 с.
5. Штепа Е. Д., Ярмаль А. А., Червоненко В. М., Бердичевский Е. Е., Муравьев В. Н. Факельное торкретирование футеровки кислородных конвертеров. – Киев: «Техника», 1984. – 33 с.



## REFERENCES

1. Turchin M. Yu. (2013). Futerovka konvertera i kompleks mer uhoda za nei v processe raboty. [Lining of the converter and package of measures of care of it in the course of work]. Novye ogneupory, no 3, p. 24. [in Russian].
2. Aksel'rod L. M. (2013). Razvitie ogneupornoj otrasli – otklik na zaprosy potrebitel'ei. [Development of high-heat branch – a response to inquiries of consumers]. Novye ogneupory, no 3, p. 119. [in Russian].
3. Rouchka G., Vatnau Kh. (2010). Spravochnik. Ogneupornye materialy. Struktura. Svoistva. Ispytaniia. [Reference book. Refractories. Structure. Properties. Tests.]. Moscow: Intermet Inzhiniring, 22 p. [in Russian].
4. Shtepa E. D., Yarmal' A. A., Chervonenko V. M., Berdichevskii E. E., Murav'ev V. N. (1984). Fakel'noe torkretirovanie futerovki kislorodnykh konverterov. [Torch filling of lining of oxygen converters]. Kyiv: Tekhnika, 22 p. [in Russian].
5. Shtepa E. D., Yarmal' A. A., Chervonenko V. M., Berdichevskii E. E., Murav'ev V. N. (1984). Fakel'noe torkretirovanie futerovki kislorodnykh konverterov. [Torch filling of lining of oxygen converters]. Kyiv: Tekhnika, 33 p. [in Russian].

### Анотація

Пісмарьов К. Є., Бохонов О. М., Берднік В. П., Попов Ю. М., Бородіна Ю. Є.  
Використання вогнетривких порошоків, виготовлених з вогнетривкого брухту відпрацьованої футеровки мартенівських печей, для виробництва підварювальних вогнетривів і торкретмас

Описано спосіб переробки вогнетривкого брухту відпрацьованої футеровки в умовах технологічної ділянки та використання вогнетривких порошоків власного виробництва для виготовлення підварювальних вогнетривів і торкретмас, що застосовуються для проведення гарячих ремонтів футеровки кисневих конверторів в умовах конвертерного цеху ПАТ «ММК ім. Ілліча». Метою розробки способу переробки вогнетривкого брухту з відпрацьованої футеровки є отримання недорогої вторинної імпортозаміщуючої сировини, що застосовується для виробництва вогнетривкої продукції.

### Ключові слова

Брухт відпрацьованої футеровки, вживані раніше вогнетривкі вироби, рециклінг, вогнетривкі порошки, кисневий конвертер, торкретмаса, підварювальні вогнетриви, догляд за футеровкою, гарячий ремонт, торкретування, підварювання.

---

**Summary**

*Pismarev K., Bohonov O., Berdnyk V., Popov Yu., Borodina Yu.*

Utilization of refractory powders manufactured from the refractory scrap taken from the blast furnace's waste lining for the production of patching refractory briquettes and gun mixtures

*This article provides description of the technology of recycling of waste lining refractory scrap in the process area conditions and the use of refractory powders of own production for the manufacture of patching refractory briquettes gun mixtures used for hot repair of the BOF's lining at the converter plant of PJSC «Ilyich Iron and Steel Works». The method of processing the refractory scrap from the waste lining has been developed with the aim to provide the steelmaking plant with cheap additional import-substituting raw material used for the manufacture of refractory products.*

---

**Keywords**

*Waste lining scrap, used refractory products, recycling, refractory powders, BOF, gun mixture, patching refractory briquettes, lining maintenance, hot repair, gunning, patching.*

Поступила 25.11.16