

УДК 669.046.54:58**А.А. АЛЕШИН**, докт. экон. наук, директор

Департамент вторичных ресурсов Ассоциации предприятий черной металлургии Украины «УкрМет», г. Киев

А.В. ОСТРОУШКО, канд. техн. наук, доцент, директор

Институт ресурсосбережения государственного высшего учебного заведения «Приазовский государственный технический университет» (ИРС ГВУЗ «ПГТУ»), г. Мариуполь

Ю.П. ПУСТОВАЛОВ, директор

ОАО «КАМИТ», г. Мариуполь

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ШЛАКОВЫХ МАССИВОВ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИЗ НИХ МЕТАЛЛА

Разработан технологический комплекс для переработки металлургических шлаков на основе оборудования с низким энергопотреблением. Показано, что по сравнению с аналогами предложенные технические решения позволяют уменьшить металлоемкость установки, повысить ее производительность и выход металла. Результаты лабораторных экспериментов по переработке шлаков методом сухой магнитной сепарации с помощью дискового сепаратора усовершенствованной конструкции свидетельствуют о возможности повышения степени извлечения магнитной составляющей из шлака, доведенного до фракции 0–2 мм, более чем на 15 %, а также возможности использования минеральной составляющей шлака в строительной индустрии.

Ключевые слова: металлургические шлаки, технологический комплекс, оборудование, энергоемкость, металлоемкость, производительность, выход металла, дисковый сепаратор, конструкция, металловключения, степень извлечения, минеральная составляющая.

В Украине в отвалах накоплено свыше 100 млн т сталеплавильных шлаков (с содержанием железа более 20 %) и около 300 млн т доменных – (с содержанием железа в пределах 5–7 %). В связи с обострением экологических и экономических проблем в стране становится актуальным вопрос рационального обращения с указанными ресурсами, которые являются относительно недорогим и доступным источником сырья техногенного происхождения.

В настоящее время Департаментом вторичных ресурсов «УкрМет» совместно с профильными комитетами Верховной Рады Украины практически завершена работа над проектом закона, который предусматривает определенные преференции для субъектов хозяйствования в сфере обращения с вторичными материальными ресурсами, побочной продукцией производственных циклов и их рециклинга.

Актуальность данного подхода подкрепляется также Европейской Директивой 2008/98 ЕС, в статье 5 которой впервые применяется такое определение, как «побочная продукция», и приведены критерии, по которым перечисленные вещества и материалы, образующиеся в технологическом процессе, классифицируются не как «отходы», а как «вторичное сырье» или «побочная продукция».

Анализ современного состояния в сфере переработки металлургических шлаков как вторичных материальных ресурсов показал, что приобретаемые отечественными предприятиями импортные технологии и оборудование [1, 2] отличаются дороговизной и не способствуют экономическому развитию страны.

Следует отметить, что в последние годы запатентован ряд отечественных технических решений, которые подтверждают перспективность данного направления и показывают способы его совершенствования [3, 4]. Появилась возможность более эффективно использовать металлургические шлаки при незначительных затратах на их подготовку не только в металлургической промышленности (по схеме рециклинга), но и в смежных отраслях – цементной, дорожной, строительной.

Существенным фактором при разработке шлаковых ресурсных накоплений является максимальное извлечение из них металлической составляющей и улучшение ее металлургической ценности. При этом степень извлечения скрапа и чистота минеральной составляющей во многом зависят от типа и характеристик оборудования технологических комплексов (ТК), оптимальности технологической схемы переработки.



С целью оптимизации энергопотребления, минимизации затрат на изготовление нестандартного оборудования, сокращения сроков подготовки к эксплуатации, а также уменьшения металлоемкости ТК целесообразно использовать уже существующее и апробированное стандартное оборудование с лучшими характеристиками и возможностью совершенствовать его конструктивные параметры и технологические режимы работы в процессе эксплуатации.

Авторами выполнены исследования и разработаны рациональные конструктивные решения ТК для переработки мелкофракционных металлургических шлаков с использованием дискового сепаратора, которые позволяют снизить металлоемкость оборудования и одновременно повысить степень извлечения металлической составляющей с получением чистого минерального продукта.

Предварительно был выполнен анализ подобных отечественных и зарубежных ТК для переработки металлургических шлаков, которые предусматривают не только получение шлаковой продукции, но и магнитную сепарацию металлических включений с помощью электромагнитных устройств разных модификаций [3–7].

К одному из таких ТК относится установка для переработки отвальных шлаков, которая содержит приемный бункер с решеткой, питатель, транспортер, железотделитель и накопитель конечных продуктов. В отличие от известных аналогов, она оборудована регуляторами скорости транспортерных лент, грохотом с подсилами для крепления прорезиненных сит, отдельными транспортерами для железосодержащих и немагнитных продуктов. Кроме того, установка имеет соединенную с подъемным устройством двухскатную решетку с возможностью изменения угла наклона, а накопители конечных продуктов выполнены в виде отдельных закрываемых [5]. Однако такая схема извлечения из шлаков железосодержащих материалов не предусматривает их очистку от минеральной составляющей, что снижает эффективность использования продукта при выплавке чугуна или стали (из-за присутствия в зашлакованной минеральной части нежелательных примесей серы и фосфора).

В последние годы было создано несколько механизированных ТК, которые позволяют повысить степень извлечения железа, в частности комплекс для переработки отвальных сталеплавильных шлаков [6], включающий основную и дополнительную технологические поточные линии. Основная линия состоит из вибrolотка с системой предварительного увлажнения шлака, галтовочного барабана с просеивающей решеткой, общего транспортного конвейера, грохота, конвейеров и ленточных железотделителей для надрешетного и подрешет-

ного продуктов грохота, транспортных средств и приемного бункера под магнитный и отвальный продукты.

Дополнительная технологическая линия состоит из вибrolотка под исходный продукт с системой предварительного увлажнения шлака, двухъярусного грохота с просеивающей и транспортной поверхностями и перегрузочного конвейера. При этом в галтовочном барабане напротив основной просеивающей решетки установлены дополнительные просеивающие решетки. Основная поточная технологическая линия содержит также систему конвейеров, вход которой размещен под дополнительной просеивающей решеткой галтовочного барабана, а выход – над общим транспортным конвейером основной технологической поточной линии. Выход транспортной поверхности двухъярусного грохота размещен над перегрузочным конвейером, связанным с общим транспортным конвейером. В ленточных железотделителях используются электромагнит круглой формы (для надрешетного продукта грохота) и электромагнит прямоугольной формы (для подрешетного продукта грохота). Соотношение размеров ячейки дополнительной просеивающей решетки в галтовочном барабане равно 1:2. Однако данный комплекс, несмотря на его мощность, также не решает проблему полной переработки минерального остатка в товарную продукцию.

Известна также поточная линия для подготовки и подачи металлургического сырья, которая содержит размещенные по ходу технологического процесса конвейеры с разгрузочными устройствами, бункера и тетки. С целью эффективного использования отходов металлургического производства она выполнена в виде двух соединенных линий, одна из которых предназначена для подготовки первичной смеси из шлаков, а другая снабжена устройствами для подготовки первичной смеси из гран-шлаков. Разгрузочные устройства обеих линий соединены общим сборочным конвейером со смесителем готового сырья [7].

Недостатком этого ТК является относительно невысокая производительность. Это обусловлено тем, что неподготовленный скрап металла подается в барабан периодически, по мере отбора и накопления очередной партии на специальных участках по переработке ковшовых остатков, оборудованных эстакадой и магнитно-грейферными кранами, или на отдельно расположенных дробильно-сортировочных установках. Кроме того, факторами, ограничивающими производительность, являются конструктивные особенности барабана, в котором лопасти расположены параллельно его продольной оси, что не способствует дополнительному перемещению обрабатываемого материала внутри рабочего пространства барабана. Недостатком также является наличие многочисленных

вспомогательных операций, связанных с определенными требованиями по предварительному извлечению из перерабатываемого шлакового массива крупных кусков скрапа-металла (фракции 80–300 мм) с помощью магнитных шайб. Кроме того, необходимо обеспечить их складирование, отгрузку на автотранспорт, обратную доставку и загрузку в галтовочный барабан. При этом нередки случаи, когда металлические включения закупорены внутри кусков шлака и не поддаются улавливанию электромагнитной шайбой. Это приводит к потерям металла и, следовательно, снижению эффективности таких ТК. В связи с этим мелкие куски шлака направляют на дополнительное дробление с применением различных дробилок. К недостаткам вышеописанного ТК также можно отнести разобщенность технологических операций по извлечению металла из шлака и его очистке от минеральной части.

Для оптимизации технологического процесса, минимизации энергозатрат и материалоемкости целесообразно получать и обрабатывать скрап-металл на одной и той же установке. Разобщенность техпроцессов не только увеличивает энергозатраты, но и требует дополнительных площадок для размещения оборудования, а также коммуникаций. При этом усложняется осуществление природоохранных мероприятий по локализации и устранению пылеобразования в местах перегрузки сыпучих фракций.

Принимая во внимание указанные негативные факторы и потребность в технологическом оборудовании с расширенными функциональными возможностями, авторы пришли к решению соединить в один технологический поток две отдельные технологические операции – по измельчению кусков шлака с последующим извлечением из них магнитной фракции и по очистке зашлакованного скрапа-металла в галтовочном барабане [8, 9]. Предусмотренная при этом колосниковая решетка перед галтовочным барабаном служит для предварительного разделения шлаковой массы с вкраплениями металла на две рабочих фракции: 0–80 мм (подрешетный материал) и 80–300 мм (надрешетный материал).

Цилиндрический грохот, закрепленный на разгрузочной стороне галтовочного барабана, обеспечивает разделение очищенного в барабане скрапа-металла от минеральной части (подрешетный материал).

Ленточный транспортер, расположенный под колосниковой решеткой и цилиндрическим грохотом, осуществляет перемещение подаваемого на него надрешетного материала с металлическими корольками к магнитному железоотделителю для их отмагничивания с последующей подачей минеральной части материала на инерционный грохот, который служит для разделения минеральной части шлака на фракции, т.е. готовую для дальнейшего использования шлаковую продукцию.

Поскольку эффективность переработки шлаков и степень извлечения магнитной фазы во многом зависят от фракционного состава исходного материала и его агрегатного состояния, авторами был выполнен ряд исследований по отработке режимов сухой магнитной сепарации.

Процесс сухой магнитной сепарации мелкофракционных шлаков зачастую усложняется из-за их высокой влажности, вызванной определенными погодными условиями. Как показали результаты исследования, разделение мелкого материала целесообразнее производить на магнитных сепараторах с нижней подачей материала, когда железосодержащие частицы вытягиваются из слоя перемещающегося материала. Было установлено, что важнейшими показателями, определяющими полностью извлечения магнитных частиц, являются длина активной зоны, глубина зоны извлечения и напряженность магнитного поля. Уменьшение крупности шлаков с 10 до 2 мм позволяет получать при одинаковой глубине зоны извлечения (15, 20 и 25 мм) более качественные магнитные продукты. На основе анализа полученных экспериментальных данных был разработан новый способ обогащения мелких классов крупности, обеспечивающий лучшую селективность разделения и меньшую зависимость от влажности [4].

Чтобы повысить качество магнитной составляющей, зависящей от схемы обогащения и влияющей на полностью отделения магнитных частиц от немагнитных, а также получить продукт с высоким содержанием железа разработан способ сухой магнитной сепарации мелких материалов с использованием дискового сепаратора. Экспериментальные опробования предлагаемого способа сухой магнитной сепарации свидетельствуют о высокой избирательности деления частиц.

Анализ результатов исследования показал, что усовершенствование конструкции дискового сепаратора и технологической схемы переработки обеспечивает повышение степени извлечения магнитной составляющей сталеплавильного шлака, измельченного до фракции 0–2 мм, более чем на 15 %.

Основные технические решения (в т.ч. барабан по очистке зашлакованного скрапа в составе механизированных комплексов по переработке твердых шлаков и извлечению из них металла) были опробованы и реализованы на Мариупольском металлургическом комбинате им. Ильича и Днепропетровском металлургическом заводе им. Петровского.

Для снижения металлоемкости оборудования по переработке шлаковых отвалов и повышения производительности установки проводились исследования, направленные на усовершенствование конструктивных параметров галтовочного барабана и технологической схемы процес-



са. Были разработаны новые технические решения по созданию механизированного комплекса, которые обеспечивают повышение степени извлечения скрапа из шлака и чистоты минеральной составляющей [8, 9].

Для информирования предприятий, заинтересованных во внедрении данной технологии и оснащении производства передовым отечественным оборудованием для переработки шлаков металлургического производства, которое не уступает импортному по качеству и при этом выигрывает в цене, опубликованы предложения [10, 11] с описанием основных технико-экономических показателей и условий их достижения.

ВЫВОДЫ

При разработке шлаковых отвалов наиболее важной задачей является максимальное извлечение из них металлической составляющей. Степень извлечения скрапа и чистота минеральной составляющей зависят от совершенства конструкции перерабатывающего оборудования и технологической схемы переработки.

Предложенная схема переработки металлургических шлаков мелких фракций (до 2 мм) обеспечивает повышение степени (более чем на 15 %) извлечения из них магнитной составляющей и возможность использования отмагниченной минеральной составляющей в строительной индустрии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Тарабрина, Л.А.** Переработка сталеплавильных шлаков / Л.А. Тарабрина, Т.А. Курган, Н.С. Игнатьева // *Металлург.* – 2000. – № 9. – С. 26–27.
2. **Алешин, А.А.** Повышение эффективности переработки твердых металлургических шлаков / А.А. Алешин, Е.А. Качков, А.В. Остроушко и др. // *Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту : зб. наук. пр.* – 2007. – Вип. № 17. – С. 220–223.
3. **Переработка и использование металлургических шлаков [Электронный ресурс].** – Режим доступа : www.sibpatent.ru/default.asp?khid=16759&code=530191&sort=2.
4. **Повышение эффективности переработки мелких классов крупности сталеплавильных шлаков [Электронный ресурс].** – Режим доступа : www.sibpatent.ru/default.asp?khid=53216&code=533115&sort=3.
5. **Пат. № 15114 України.** Установка для переработки відвальних шлаків, МПК В03В 9/04.
6. **Пат. № 15133 України.** Комплекс для переработки відвальних сталеплавильних шлаків, МПК В 03В 9/04.
7. **А.с.б. СССР, № 943507. МПК 21/00 В03В 9/04.** Установка по обогащению и сортировке железосодержащего материала.
8. **Пат. № 63030 Украина МПК F27В 21/00.** Барабан для обработки кускового материала / А.А. Алешин, В.В. Ожогин, А.В. Остроушко, В.А. Алешина // *Промислова власність.* – 2011. – Бюл. № 18.
9. **Патент № 63029 Украина МПК В03В 9/00.** Линия для обогащения и сортировки железосодержащего материала / А.А. Алешин, В.В. Ожогин, А.В. Остроушко, В.А. Алешина // *Промислова власність.* – 2011. – Бюл. № 18.
10. **Алешин, А.А.** Технологическое предложение : барабан для обработки кускового материала / А.А. Алешин, В.В. Ожогин, А.В. Остроушко, В.А. Алешина // *Металлургические процессы и оборудование.* – 2012. – № 1(27). – С. 46–47.
11. **Алешин, А.А.** Технологическое предложение : линия для обогащения и сортировки железосодержащего материала / А.А. Алешин, В.В. Ожогин, А.В. Остроушко, В.А. Алешина // *Металлургические процессы и оборудование.* – 2012. – № 1(27). – С. 47–50.

Поступила в редакцию 14.02.2013

Розроблено технологічний комплекс для переработки металургійних шлаків на основі обладнання з низьким енергоспоживанням. Показано, що порівняно з аналогами запропоновані технічні рішення дозволяють зменшити металоємність установки, підвищити її продуктивність і вихід металу. Результати лабораторних експериментів з переработки шлаків методом сухої магнітної сепарації за допомогою дискового сепаратора вдосконаленої конструкції свідчать про можливість підвищення ступеня вилучення магнітної складової з шлаку, що доведений до фракції 0–2 мм, більше ніж на 15 %, а також можливості використання мінеральної складової шлаку в будівельній індустрії.

Technological complex for metallurgical slag processing based on equipment with low energy consumption was developed. It is shown that according to analogues proposed technical solutions enable reducing steel intensity of plant, increasing its capacity and metal output. Results of laboratory experiments of slag processing by dry magnetic separation method with the help of disk separator of upgrading construction are evidence about possibility of increasing extraction degree of magnetic component from slag reduced to fraction 0–2 mm, more than by 15 % as well as possibility of usage mineral component of slag in building industry.