

УДК 669.14.018.5:621.745.5

Т. Ф. ДОРОШЕНКО, Н. М. СУПРУН, Е. М. КОРОТКАЯ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

РАЗРАБОТКА ПРИРОДООХРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ПЫЛИ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В статье представлены результаты разработки природоохранной технологии утилизации пыли электросталеплавильного производства с возможностью извлечения металлического цинка непосредственно из газов, отходящих на территории завода. Показана перспективность использования железосодержащей пыли как самостоятельного сырья. Для получения брикетов, обладающих достаточной прочностью, предложено использование вибрационного смесителя-увлажнителя пыли с плохой смачиваемостью.

Ключевые слова: электросталеплавильное производство, пыль, утилизация, загрязнение окружающей среды, технология переработки пыли.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В мире по-прежнему наблюдается большая потребность в черных металлах. Ежегодно количество производимой стали в мире увеличивается [1]. Так, в 2016 году в Российской Федерации было выплавлено 70 млн т стали, из них около 20 млн т электростали. При этом образование отходов в металлургии привело к возникновению техногенных месторождений.

Образование пыли в дуговых сталеплавильных печах (ДСП) может достигать до 35 кг на 1 т стали. При складировании пыли наносится вред окружающей среде и теряется около: 420 тыс. т/год железа, 280 тыс. т/год цинка и 65 тыс. т/год свинца. Системами пылегазоочистки ежегодно улавливается около 650 тыс. т пыли электросталеплавильного производства. Необходимость снижения пылеобразования и разработки технологии утилизации пыли обусловлена негативным воздействием пыли на окружающую среду и здоровье человека.

В этих условиях необходимо найти пути снижения пылеобразования и использования пыли в качестве вторичного сырья с целью извлечения ценных компонентов, в первую очередь железа, цинка и свинца.

Добыча цинковых руд не успевает обеспечить необходимую в них потребность [2]. В связи с увеличением потребления цинка и свинца все большее предпочтение отдается вторичному сырью и разработкам ресурсосберегающих технологий.

Актуальность работы обусловлена тем, что изучение возможностей утилизации пыли представляет несомненный интерес с точки зрения снижения воздействия на окружающую среду и увеличения ресурсной базы отрасли.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В электросталеплавильном производстве на отечественных заводах наиболее широко применяется мокрый способ очистки газов дуговых печей с использованием труб Вентури, достоинством которого являются малые габариты и незначительные капитальные затраты на их сооружение. Однако этот способ при обеспечении хороших показателей очистки газа обладает весомым недостатком – образованием сточных вод, то есть характеризуется значительными эксплуатационными затратами, связанными с большим расходом воды и необходимостью ее очистки в оборотных и замкнутых циклах водоснабжения.

Для того чтобы улучшить экологические показатели газоочистных устройств и уменьшить эксплуатационные затраты на газоочистку, можно перейти на газоочистное оборудование сухого типа (тканевые или сухие электрофильтры), но при этом сложной проблемой является утилизация уловленной пыли.

В настоящее время в металлургии повысился интерес к использованию вторичных ресурсов [3], в том числе для производства новой продукции [4]. Задача улучшения технологий переработки вторичных ресурсов усложняется переменным составом и свойствами металлургических пыли и шламов [5].

Анализ литературных источников [5–7] показал значительные различия результатов исследований элементного и химического составов пыли ДСП. В пыли могут присутствовать железо – до 65 %, цинк – до 43 % и свинец – до 10 %. Данные по фракционному и гранулометрическому составу также расходятся [7]. Это связано с тем, что формирование пыли зависит от состава шихтовых материалов, технологии и режимов выплавки стали, системы отвода пылегазовых выбросов и их улавливания.

В литературе отсутствует приемлемая методика количественной оценки интенсивности образования пыли в зависимости от технологических параметров. Поэтому для каждого металлургического предприятия приходится определять области использования уловленной пыли, разрабатывать технологии в соответствии с характеристиками образующихся отходов.

Цель работы – разработка природоохранной технологии утилизации пыли ДСП.

По существующей на ГП «ЮМЗ» технологии уловленная электросталеплавильная пыль не утилизируется, а вывозится в отвал и безвозвратно теряется. Это приводит к негативному воздействию на окружающую среду (вторичному загрязнению) и к значительным материальным затратам, так как эту пыль возможно вернуть в производство, снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду и получить экономическую прибыль путем замены первичных шихтовых материалов вторичными.

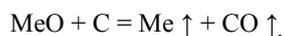
Железосодержащие пыли и шламы электросталеплавильного производства могут быть использованы как самостоятельное сырье при производстве брикетов. В результате исследования процессов брикетирования пыли и мелких руд была показана перспективность использования этого процесса для утилизации рудной мелочи и различных железосодержащих отходов металлургического производства (пыль аглофабрик, колошниковая пыль, электросталеплавильная пыль, промасленная окалина и т. д.) [6–7].

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Предложена природоохранная схема утилизации электросталеплавильной пыли (рисунок 1), по которой возможна добыча металлического цинка непосредственно из газов, отходящих на территории завода, что является экономически выгодным и существенно повысит экологическую безопасность производства.

Шихту (пыль, брикеты, флюс, восстановитель) смешивают в необходимых соотношениях и загружают в электропечь, где происходит расплавление шихты при 1 400–1 500 °С. Величину загрузки и потребляемой электроэнергии строго контролируют. Добавку флюса проводят для снижения температуры плавления шлаков ($\text{CaO}/\text{Si}_2 \sim 1,0\text{--}1,2$).

Расплавленный металл и шлаки собираются на поддоне печи и периодически выпускаются. Проходят следующие реакции:



где Me = Zn, Pb, Cd, Fe.

Выходящие газы (угарный, пары цинка, кадмия, свинца, пыль) по газоходу поступают в конденсатор – стальную камеру, в нижней части которой находятся расплавленные Zn и Pb при $t = 500\text{--}520$ °С.

Весь объем конденсатора заполнен мелкими капельками металла, которые образуются с помощью погруженного в ванну разбрызгивателя. Газ, проходя через завесу, охлаждается, а пары цинка и свинца конденсируются в конденсаторе как две отдельные жидкие фазы. Из-за большего удельного веса свинец оседает на дне, и его периодически удаляют через летку, цинк выпускают через сифонный порог в сосуд, где происходит контроль его охлаждения и последующее отделение свинца. Далее выходящие газы направляют в камеру дожигания, где происходит дожиг угарного газа до углекислого: $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$.

Затем происходит очистка от пыли в тканевом фильтре. Очищенные газы направляют в атмосферу. Для предотвращения подсоса воздуха рабочий процесс ведут при положительном давлении. Шлаки подвергают грануляции, чтобы исключить влияние токсичных элементов при их дальнейшем использовании.

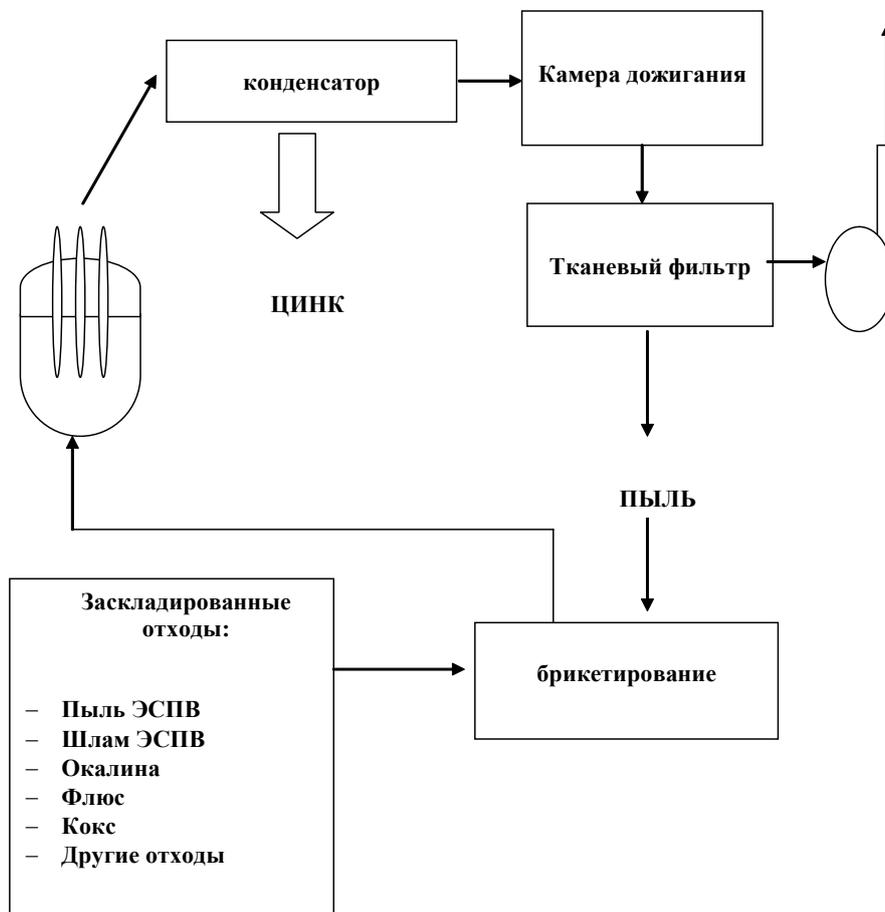


Рисунок 1 – Схема утилизации электросталеплавильной пыли.

Уловленные в сталеплавильных агрегатах пыль и шламы после соответствующей подготовки и окускования подлежат возврату в электросталеплавильный процесс. При этом некоторые ценные легирующие компоненты перейдут снова в электросталеплавильный процесс, а цветные металлы вновь перейдут в пыль, то есть будет организован их рециклинг. Использование пылевыноса в шихте электросталеплавильных печей с помощью технологии рециклинга позволяет обогатить его до более высоких содержаний цветных металлов, так как любая циркуляционная система приводит к накоплению циркулирующего элемента и стабилизации потока, переносящего его на более высоком уровне. Через определенное число циклов, рассчитанное по программе «Zink», происходит насыщение пылевыноса цветными металлами, и его необходимо выводить из цикла для дальнейшей переработки и извлечения металлов. На ГП «ЮМЗ» после 26 циклов содержание цинка равно 15 %. Уловленная пыль в тканевом фильтре направляется на установку брикетирования, где смешивается с заскладированными отходами, такими как кокс, уголь, флюс, окалина, доменные шламы и сталеплавильные шламы.

Поскольку при плохой смачиваемости материалов невозможно получить гранулы или брикеты, обладающие достаточной прочностью, в разработанной технологии предложено использование вибрационного смешивателя-увлажнителя (рисунок 2) для пыли ДСП с плохой смачиваемостью.

Устройство состоит из корпуса (1) с наклонными полками (2). К корпусу жестко прикреплен электромеханический вибратор (3). В верхней части корпуса имеется приемный патрубок (4). Балка (5) жестко соединена с корпусом и удерживает всю конструкцию на пружинах (6). С целью упругой фиксации в вертикальном направлении балка (5) прижимается пружиной (7). Поджатие пружин

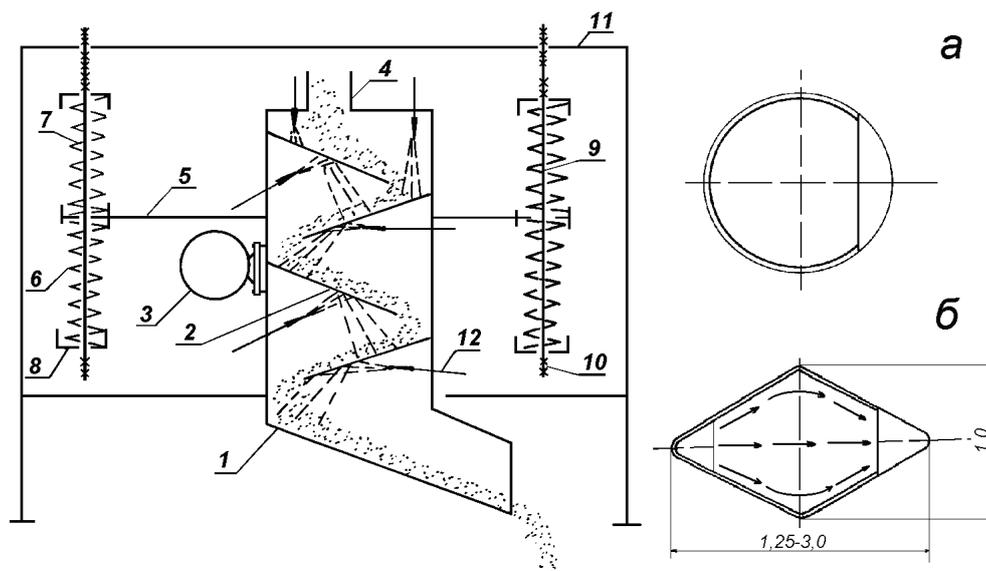


Рисунок 2 – Принципиальная схема установки вибрационного смесителя-увлажнителя пыли: 1 – корпус; 2 – наклонные полки; 3 – электромеханический вибратор; 4 – приемный патрубок; 5 – балка; 6, 7 – пружины; 8 – стаканы; 9 – шпилька; 10 – гайка; 11 – рама.

(6) и (7) производится через стаканы (8) навинчиванием на шпильку (9) гаек (10). Шпилька (9) вставлена в отверстие верхней горизонтальной связи рамы (11) и фиксируется гайками.

Сущность работы вибрационного смесителя-увлажнителя состоит в повышении интенсивности процесса увлажнения за счет образования вибрирующего слоя увлажнителя, подачи на этот слой сыпучего дисперсного материала и их совместной вибрационной обработки. Сухие частицы материала увлажняются плохо, попадая на слой увлажнителя, внедряются под жидкостную пленку не только за счет силы тяжести, а в основном за счет кинетической энергии, сообщаемой частицам материала, которые вибрируют слой увлажнителя (виброкипящий слой).

Для сыпучих материалов, подвергающихся только вибрационному влиянию, переход слоя из состояния виборозжижения к виброкипению зависит не от массы частиц, а от ускорения вибрации поверхности, на которой находится материал. При переходе ускорения критического значения материал отрывается от вибрирующей поверхности и слой переходит в состояние виброкипения, при котором доли подсакаивают, сталкиваются друг с другом и делают отраженные броски, вращаются и сталкиваются со стенкой камеры.

Весь слой материала может делать циркуляционное перемещение внутри камеры. Благодаря колебаниям корпуса и полок частицы пыли интенсивно «вбиваются» в виброкипящий слой влаги, за счет чего происходит первый этап увлажнения пыли. Пересыпаясь с полки на полку, расположенные каскадом, смесь сухой пыли, влаги и комочков увлажненной пыли дополнительно перемешиваются. Комочки при этом постоянно разрушаются и вновь образуются, соединяясь с частицами еще не увлажненного материала.

Дополнительная вода подается на поток материала с помощью распыливающих форсунок. Необходимый эффект увлажнения происходит за счет комбинированного способа подачи увлажняющего агента. Более эффективное увлажнение обеспечивается в ромбовидном корпусе, чем в корпусе круглого сечения.

Выход металлов составляет, %: Cr > 90, Ni > 95, Mo > 90, Fe > 85.

Для того чтобы химический процесс происходил при оптимальных условиях, необходимо обеспечить следующее:

- система трубопроводов должна быть герметичной, чтобы избежать образования CO_2 ; при этом соотношение CO/CO_2 должно находиться в пределах 10:1 и более;
- составляющая влажности шихтовых материалов должна быть не менее 2 % (масс.), так как влажность также увеличивает содержание CO_2 , способствует окислению цинка;
- входящие в камеру охлаждения газы имеют температуру порядка 1 100 °С и должны быть быстро охлаждены до температуры менее 550 °С.

Прибыль от использования отходов получают за счет возврата в производство брикетированной пыли и продажи сторонним предприятиям продукции, получаемой из отходов. Результаты расчета экономической эффективности от внедрения предложенной природоохранной технологии утилизации пыли ДСП на ГП «ЮМЗ» (таблица) свидетельствуют об экономической привлекательности данного проекта.

Таким образом, указанная технология в случае использования пыли от производства стали в ДЭСП обеспечит удаление тяжелых металлов и сбор жидкого цинка, образование шлаков, ферросплавов (при использовании легированной пыли) или чугуна (при использовании углеродосодержащей пыли), что положительно влияет на стоимость операции.

ВЫВОДЫ

1. Разработана природоохранная технология утилизации пыли ДСП с возможностью извлечение металлического цинка непосредственно из газов, отходящих на территории завода.

2. Рассчитано число циклов, после чего происходит насыщение пылевывоса цветными металлами и его необходимо выводить из процесса для дальнейшей переработки и извлечения металлов (программа «Zink» – рециркуляция цинка при различных заданных параметрах). На ГП «ЮМЗ» после 26 циклов содержание цинка равно 15 %.

3. Для получения брикетов, обладающих достаточной прочностью, предложено использование вибрационного смешивателя-увлажнителя пыли ДСП с плохой смачиваемостью.

4. Рассчитана экономическая эффективность от внедрения технологии утилизации пыли ДСП на ГП «ЮМЗ». ЧДД > 0; индекс доходности > 1; срок окупаемости составляет 1 год и 2 месяца – среднесрочный; внутренняя ставка доходности больше дисконтированной ставки в несколько раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лякишев, Н. П. Электрометаллургия – динамично развивающаяся отрасль сталеплавильного производства [Текст] / Н. П. Лякишев // Черная металлургия. – 2016. – № 12. – С. 12–17.
2. Украинская металлургия: современные вызовы и перспективы развития [Текст] : моногр. / А. И. Амоша, В. И. Большаков, А. А. Минаев [и др.] ; НАН Украины ; Ин-т экономики пром-сти. – Донецк, 2013. – 114 с.
3. Sack, T. J. Установка для обработки пыли, образующейся в электродуговой печи [Текст] / T. J. Sack // Новости черной металлургии за рубежом. – 2001. – № 1. – С. 47.
4. Cartwingt, D. Рециркуляция маслосодержащей окалины и пыли инъекцией в электродуговую печь [Текст] / D. Cartwingt, G. Clayton // Новости черной металлургии за рубежом. – 2001. – № 1. – С. 45–46.
5. Furukawa, T. Разработка энергосберегающей технологии утилизации металлической пыли [Текст] / T. Furukawa, H. Sasamoto, F. Funano // Новости черной металлургии за рубежом. – 2004. – № 3. – С. 26–27.
6. Silva Machadao, J. G. M. Characterization study of electric arc furnace dust phases [Текст] / J. G. M. Silva Machado, F. A. Brehm, C. A. M. Moraes [et al] // Materials Research. – 2006. – V. 9, No. 1. – P. 41–45.
7. Silva Machadao, J. G. M. Characterization study of electric arc furnace dust phases [Текст] / J. G. M. Silva Machado, F. A. Brehm, C. A. Mendes Moraes // Materials Research. – 2016. – V. 9, No. 1. – P. 41–45.

Получено 20.04.2017

Т. Ф. ДОРОШЕНКО, Н. М. СУПРУН, К. М. КОРОТКА РОЗРОБКА ПРИРОДООХОРОННОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ПИЛУ ЕЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті представлені результати розробки природоохоронної технології утилізації пилу електросталеплавильного виробництва з можливістю отримання металевого цинку безпосередньо з газів, що відходять на території заводу. Показана перспективність використання залізо місткого пилу як самостійної сировини. Для отримання брикетів, що мають достатню міцність, запропоновано використання вібраційного змішувача-зволожувача пилу з поганою змочуваністю.

Ключові слова: електросталеплавильне виробництво, пил, утилізація, забруднення навколишнього середовища, технологія перероблення пилу.

TATYANA DOROSHENKO, NADEZHDA SUPRUN, EKATERINA KOROTKAYA
THE DEVELOPMENT OF UTILIZATION'S ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY
OF DUST ELECTRIC STEEL MAKING PRODUCTION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. It has been represented the results of the development of utilization's environmental technology of dust electric steel making production with the possibility of zinc metal directly from flue gases at the plant. The prospects of using iron-containing dust as an independent raw material have been given. For receiving the pellets with sufficient strength it has been suggested the operation of a vibrating mixer humidifier of dust with poor water-wetting.

Key words: electric steel production, dust, utilization, environmental pollution, recycling technology of dust.

Дорошенко Татьяна Федоровна – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: переработка и рациональное использование промышленных отходов.

Супрун Надежда Марковна – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: переработка и рациональное использование промышленных отходов.

Короткая Екатерина Михайловна – студент бакалавриата ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: переработка и рациональное использование промышленных отходов.

Дорошенко Тетяна Федорівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: переробка і раціональне використання промислових відходів.

Супрун Надія Марківна – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: переробка і раціональне використання промислових відходів.

Коротка Катерина Михайлівна – студент бакалавріату ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: переробка і раціональне використання промислових відходів.

Doroshenko Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Safety Technospheric Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: processing and rational use of industrial wastes.

Suprun Nadezhda – Master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: processing and rational use of industrial wastes.

Korotkaya Ekaterina – bachelor's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: processing and rational use of industrial wastes.