

9. Хоботова, Э. Ю. Сравнительный анализ химико-минералогического состава отвального и гранулированного доменного шлака / Хоботова Э. Б., Калмыкова Ю. С. // Збірник наукових праць ПАТ «УКРНДІ вогнетривів ім. А. С. Бережного», 2012. — № 112. — С. 230–237.

10. Радиационно-гигиеническая оценка строительных материалов, используемых в гражданском строительстве УССР. — К., 1987. — С. 21.

© Рамазанова Е. Ю.

© Черняк О. В.

Ramazanova E. U., Chernyak O. V. (SEI HPE LPR “DonSTU”, Alchevsk, LPR)

STUDY OF RADIOACTIVE BACKGROUND OF WASTE BLAST FURNACE SLAG

Radiation background of grain-size fractions of dump blast furnace slag was investigated. Relationship between radioactivity of different fractions of blast furnace slag and its storage period is established, as well as influence of change of annual temperatures on radiation background of slag is determined.

Keywords: blast furnace slag, natural radionuclide, radiation background, secondary resources.

УДК 504.064.47:669.046.558.3

Проценко М. Ю.

к.т.н., доц.,

Воронько М. И.

асс.

ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», г. Алчевск, ЛНР

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ РАСПЛАВОВ

Проанализированы основные физико-химические свойства пыли и шлака от производства ферросилиция и ферросиликомарганца, выполнена оценка вредного воздействия на живой организм человека и даны рекомендации для дальнейшего применения данных отходов при внепечной обработке металла методом дугового глубинного восстановления.

Ключевые слова: экология, отходы, ферросилиций, ферросиликомарганец, пыль, шлак, кремний, марганец, дуговое глубинное восстановление.

На предприятиях по производству ферросплавов основными источниками загрязнения окружающей среды являются рудотермические печи и участки подготовки шихты и дробления сплавов. Основными вредными выбросами в атмосферу при производстве ферросилиция (ФС) и ферросиликомарганца (МнС) являются колошниковые газы (отходящие газы), в состав которых входит мелкодисперсная пыль. Неотъемлемым попутным продуктом при производстве ферросплавов является шлак, который вывозят на шлаковые отвалы, и он также ухудшает экологическую обстановку. Колошниковые газы содержат нетоксичную и токсичную пыль, которая содержит окислы железа, меди, цинка, свинца, хрома, кремния, марганца и т. д. В зависимости от вида выплавляемого сплава и мощности печи суммарное количество пыли, образующейся в результате технологических процессов, может составлять десятки тонн в сутки. При производстве ФС на 1 т выплавляемого кремния образуется от 300 до 900 кг пыли, а при производстве МнС образуется от 200 до 600 кг пыли на 1 т полученного сплава. Данное ферросплавное производство загрязняет атмосферный воздух в радиусе от 2 до 3 км от предприятия мельчайшими частицами SiO₂, MnO, CaO, MgO, Al₂O₃, FeO+Fe₂O₃, наибольшее содержание которых наблюдается на расстоянии около 500 м от предприятия.

Содержание этих составляющих меняется в зависимости от типа сплава и состава шихты, при этом запыленность газа составляет 15–40 г/м³, из них 65–80 % частиц пыли имеют размерность менее 5 мкм и 98 % менее 10 мкм. Примерный компонентный состав пыли, содержащейся в отходящих газах при производстве ферросплавов приведен в таблице 1 [1, 2].

Таблица 1 — Химический состав пыли при выплавке ФС, МнС и ферромарганца (ФМн), %

Тип сплава	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	C	S	Прочие
ФС	91,0	–	0,68	0,69	0,85	1,01	0,61	1,23	0,98	0,26	2,69
МнС	30–50	10–25	2,3–3,5	–	3,75	1,2–3,0	–	–	–	–	48,20
МнС*	29,2	46,0	1,5	–	2,13	–	–	–	–	–	21,17
Доменный ФМн	15,1	20,8	5,37	–	15,6	–	–	–	–	–	43,13

*филиал №13 «Стахановский завод ферросплавов» ЗАО «ВНЕШТОРГСЕРВИС»

В химическом составе пыли при выплавке ФС и МнС преобладает SiO₂ и MnO частицы которого размером 0,3–5,0 мкм воздействуют на легочную ткань человека и в тяжелых случаях могут вызывать катаральные изменения дыхательных путей, образование затвердеваний в околобронхиальных узлах, эмфизему легких т.д. На всех стадиях получения МнС, а также его хранения и использования необходимо строго соблюдать требования безопасной работы. Марганец по токсико-логической характеристике относится ко II классу опасности (ГОСТ 12.1.007). Длительное воздействие марганца на организм может вызвать органические изменения в центральной нервной системе, а вдыхание пыли – особую форму пневмонииоза–манганокониоз. Однако случаи отравления пылью марганецсодержащих веществ отмечались лишь при концентрациях, в 3–10 раз превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК). ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны составляют: марганца (в пересчете на MnO₂) — 0,3 мг/м³, пыли — 4 мг/м³, ПДК марганца (Mn²⁺) в питьевой воде составляет 0,1 мг/дм³.

При производстве ФС и МнС образуется большое количество твердых отходов таких как остатки шихтовых материалов, шлака, полуфабрикатов, образовавшихся при производстве продукции или при выполнении производственных работ и утратившие полностью или частично потребительские свойства. Отходы складываются на больших площадях, которые занимают тысячи гектаров полезных земель, загрязняя регион. При выплавке МнС образуется от 800 до 1200 кг шлака на 1 т полученного сплава, а при выплавки выплавке ФС образуется незначительное количество шлака от 3 до 10 % от массы выплавляемого металла, поэтому его еще называют безшлаковый процесс (на 1 т ФС45 получается 25–50 кг шлака и на 1 т ФС75 35–70 кг шлака), однако шлаковые отвалы оказывают пагубное воздействие на окружающую среду, загрязняя литосферу и гидросферу. Шлаки от производства ФС и МнС содержат компоненты, которые могут быть полезными для различных технологий производства черных металлов. Состав шлака при выплавке ФС и МнС приведен в таблице 2.

Таблица 2 — Состав шлака при выплавке ФС и МнС

Тип сплава	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Mn	CaO	MgO	SiC	Корольки сплава
ФС	30–50	10–30	–	8–15	2–5	10–20	10–40
МнС	40–47	5–7	13–15	12–13	2,9–3,1	–	–
МнС*	41,5	8,74	12,5	14,9	4,74	–	–

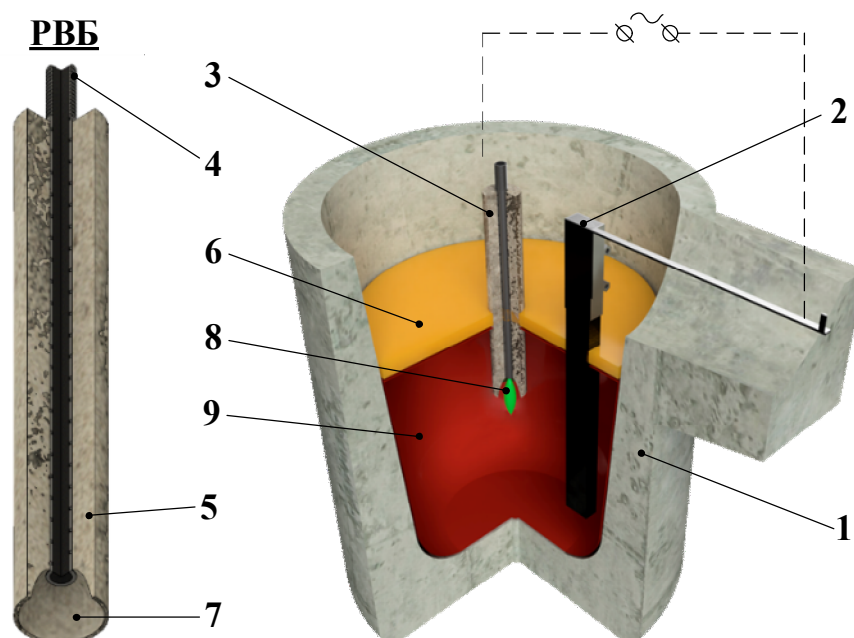
*филиал №13 «Стахановский завод ферросплавов» ЗАО «ВНЕШТОРГСЕРВИС»

Фактически шлаки ФС и МнС являются сложной гетерогенной системой, представленной оксидной фазой, включениями карбида кремния, запутавшимися в шлаке корольками сплава и частицами восстановителя. Основными источниками образования шлака при производстве ФС и МнС является присутствие примесей в шихтовых материалах и прочные ком-

плексные оксиды, которые по физико-химическим условиям процесса не могут быть восстановлены. Существенного различия в составе шлака при выплавке ФС20, ФС25, ФС45, ФС75 и ФС90 не наблюдается [3–5]. Переработка шлака и пыли при производстве ФС и МнС, а также их возвращение в металлургический цикл не получило в современном мире широкого распространение и сегодня на большинстве металлургических заводов Европы и Америки ведется работа по утилизации образующийся отходов, включая разработку старых отвалов и шламоотстойников [6].

Поэтому для улучшения экологической ситуации и повышения технико-экономических показателей процесса является разработка новых эффективных технологий, предусматривающих использование данных отходов для частичной или полной замены традиционного сырья. В данный момент работа ведется над усовершенствованием технологии дугового глубинного восстановления (ДГВ) марганца и кремния с использованием в качестве основного сырья различных марганец- и кремнийсодержащих материалов, таких как шлак и шлам от производства ферросиликомарганца и ферросилиция, песок, кварцит и т. д. [7]. Принципиальная схема технологий обработки расплавов по методу ДГВ представлена на рисунке 1.

Одним из основных преимуществ метода ДГВ является ресурсосбережение вследствие использования в качестве шихты бедных руд, шлаков, шламов, отходов и вторичных материалов для замены дорогостоящего первичного рудного сырья.



1 — тигель сталеплавильной печи или ковш; 2 — графитовый контактный электрод; 3 — рудно-восстановительный блок (РВБ); 4 — комбинированный электрод; 5 — рудно-восстановительная смесь; 6 — шлак; 7 — пусковая полость; 8 — электрическая дуга; 9 — обрабатываемый расплав

Рисунок 1 — Принципиальная схема реализации процесса ДГВ

Данная технология предусматривает расположение в тигле или ковше (1) графитовый контактный электрод (2) и рудно-восстановительный блок (3), который снабжен комбинированным токопроводящим электродом (4) вокруг которого набита рудно-восстановительная смесь (5), состоящая из сырья, в состав которого входит ценный элемент, восстановителя и связки. Рудно-восстановительный блок и графитовый контактный электрод подключаются к источнику питания и располагаются в тигле или ковше (1) ниже уровня шлака (6). В области пусковой полости «каверне» (7) горит электрическая дуга (8), от которой поступает необходимая энергия для протекания физико-химических процессов, реакций восстановления оксидов и растворения элементов в обрабатываемом расплаве (9).

Данный метод был успешно реализован на нескольких машиностроительных и литейных предприятиях для раскисления и легирования железоуглеродистых расплавов. Опробованная технология ДГВ марганца и кремния из отходов от ферросплавного производства показала свою достаточно высокую эффективность (степень извлечения марганца 70–80 %, кремния до 37 %), в сравнении с традиционной технологией, предусматривающей использование дорогостоящих ферросплавов и лигатур [9]. Кроме того, более низкая себестоимость такого вида обработки позволяет получить значительный экономический эффект и положительное влияние на экологию [8].

По результатам проведенных исследований следует отметить, что при производстве ферросплавов теряется с отходами значительная часть полезных компонентов, переходящих в основном в шлак и пыль. Ферросплавные отходы складываются на огромных открытых территориях тем самым загрязняя и обостряя экологию региона, а применение технологии дугового глубинного восстановления элементов из отходов позволяет вернуть ценный химический элемент в металлургический передел, улучшает экологию и дает возможность использования невозобновляемых ресурсов.

Список литературы

1. Розенберг, В. Л. Рудовосстановительные электропечи. Энергетические показатели и очистка газов / В. Л. Розенберг, А. Ю. Вальдберг. — М. : Энергия, 1974. — 130 с.
2. Толстогузов, Н. В. Теоретические основы и технология плавки кремнистых и марганцевых сплавов / Н. В. Толстогузов. — М. : Металлургия, 1992. — 239 с.
3. Гасик, М. И. Теория и технология производства ферросплавов : учеб. для вузов / М. И. Гасик, Н. П. Лякишев, Б. И. Емлин. — М. : Металлургия, 1988. — 784 с.
4. Воскобойников, В. Г. Общая металлургия : учебник для вузов / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. — 6-изд., перераб. и доп. — М. : ИКЦ «Академкнига», 2005. — 768 с.
5. Зубов, В. Л. Электрометаллургия ферросилиция / В. Л. Зубов, М. И. Гасик. — Днепропетровск : Системные технологии, 2002. — 704 с.
6. Снижение экологической нагрузки при обращении со шлаками черной металлургии: монография / К. Г. Пугин [и др.] ; Перм. гос. техн. ун-т. — Пермь : 2008. — 316 с.
7. Использование метода дугового глубинного восстановления для извлечения кремния из песка в железоуглеродистые расплавы / С. В. Куберский [и др.] // Сб. науч. трудов ДонГТУ. — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2019. — Вып. № 57. — С. 37–45.
8. Куберский, С. В. Внепечная обработка расплавов методом дугового глубинного восстановления : монография / С. В. Куберский, А. Н. Смирнов, М. Ю. Проценко. — LAMBERT Academic Publishing, Германия, 2014. — 116 с.
9. Проценко, М. Ю. Разработка ресурсосберегающей технологии дугового глубинного восстановления марганца из шлака силикомарганца в железоуглеродистые расплавы : дис. ... канд. тех. наук : 05.16.02 / Проценко Михаил Юрьевич ; ДонГТУ. — Лисичанск, 2017. — 191 с.

© Проценко М. Ю.

© Воронько М. И.

**PhD in Engineering Protsenko M. Yu., Voron'ko M. I. (SEI HPE LPR «DonSTU», Alchevsk, LPR)
USE OF TECHNOGENIC WASTE FERRO-ALLOY PRODUCTION FOR EXTERNAL
PROCESSING CARBON MELTS**

The basic physicochemical properties of dust and slag from the production of ferrosilicon and ferrosilicon manganese are analyzed, an assessment of the harmful effects on a living human organism is made, and recommendations are given for the further use of these wastes during out-of-furnace metal processing by the method of deep arc reduction.

Keywords: ecology, waste, ferrosilicon, ferrosilicon manganese, dust, slag, silicon, manganese, deep arc reduction.