

С. В. Свергузова, И. Г. Шайхиев, Л. А. Порожнюк,
Д. Ю. Ипанов, Е. В. Суханов

ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДОГО ОТХОДА ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА - ПЫЛИ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Ключевые слова: пыль сталеплавильного производства, физико-химические свойства, очистка сточных вод, производство строительных материалов.

Приведены результаты экспериментальных исследований состава и физико-химических свойств пыли электросталеплавильного производства. Показано, что исходя из физико-химических особенностей, пыль ЭДСП может быть использована в области очистки сточных вод и производства строительных материалов.

Keywords: steelmaking dust, physicochemical properties, wastewater treatment, production of construction materials.

The paper presents results of experimental studies of the electric furnace steelmaking dust composition and its physico-chemical properties. It is shown that on the basis of physico-chemical characteristics, dust EDSP can be used in the field of wastewater treatment and the production of building materials.

Рациональное использование природных и техногенных ресурсов является важнейшей составляющей политики ограничения негативного антропогенного воздействия на окружающую среду. Немаловажной экологической проблемой современности является образование и накопление большого количества техногенных отходов. Так, на территории Российской Федерации ежегодно образуются и накапливаются миллиарды тонн твердых промышленных отходов, включая сталеплавильные шлаки, пыли, шламы, отходы мокрой магнитной сепарации (ОММС) и хвосты обогащения железистых кварцитов (ХОЖК), цитро- и фосфогипс и многие другие. Из огромного количества разнообразных промышленных отходов в повторную переработку и использование их вовлекается лишь около 20%. Остальная часть отходов продолжает накапливаться на полигонах, под них отторгаются сотни и тысячи гектаров плодородных земель, которые надолго изымаются из сельскохозяйственного использования. Горы накопившихся промышленных отходов изменяют естественный ландшафт, в результате их пыления в атмосферный воздух выделяются сотни тонн загрязняющих веществ, а при их увлажнении атмосферными осадками загрязняющие вещества поступают в почвы, поверхностные и подземные воды.

В тоже время многие отходы производств, ввиду наличия специфических физико-химических свойств, могут быть эффективно использованы в различных технологических процессах [1-8].

Наиболее эффективным решением этой проблемы является внедрение малоотходных и безотходных технологических систем, что предполагает разработку замкнутых технологических производств, обеспечивающих многократное использование продуктов и комплексное использование природного сырья [9]. К тому же, учитывая вечный и бесконечный круговорот веществ в природе, промышленные отходы можно рассматривать, как вторичное техногенное сырье.

Одной из причин неудовлетворительного использования подобных вторичных ресурсов явля-

ется отсутствие соответствующей информации об образовании, наличии отходов, их свойствах, возможных направлениях и технологиях их применения [9].

Объектом исследований являлась пыль электродуговых сталеплавильных печей (ЭДСП) Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК) Белгородской области, динамика образования которой представлена на рис. 1.



Рис. 1 - Динамика образования и захоронения на полигоне пыли ЭДСП ОЭМК за период 2007 - 2012 г.

Исследуемый отход текущего электросталеплавильного производства ЭДСП представляет собой пылевидную тонкодисперсную систему с влажностью 1,5–2,5 % серо-коричневого цвета, технологические свойства которой представлены в табл. 1

Таблица 1 - Технологические свойства пыли ЭДСП

Показатели	Значение
рН водной вытяжки	10,9
Насыпная плотность, г/см ³	0,94
Истинная плотность, г/см ³	3,62
Растворимость в воде, %	6,4
Растворимость в 1,0н H ₂ SO ₄ , %	82,6
Нерастворимость компонентов, %	1,2

Гранулометрический состав пыли, определенный с помощью рассева на стандартном наборе

сит, показал, что в состав пыли входит 1,3 % частиц с размерами от 1,4 до 2,0 мм; 16,2 % с размерами от 0,315 до 0,63 мм; 69,6 % частиц с размерами менее 0,315 мм.

Минеральный состав пыли ЭДСП оценивали по результатам рентгеновского анализа (рис. 2), который показал, что в пробе присутствуют такие соединения, как магнетит $d(A^\circ) = 2,979; 2,543; 2,108; 1,691; 1,484; 1,261$; вюстит $d(A^\circ) = 2,48; 2,141; 1,519$; портландит $d(A^\circ) = 4,924; 4,575; 2,622; 1,989; 1,918; 1,784; 1,692$ и кремнезем $d(A^\circ) = 3,51; 2,276; 1,813; 1,539$.

Результаты дифференциально-термического анализа пыли ЭДСП, проведенного на дериватографе марки «Q-1500» с алундовым тиглем показали общую потерю массы за период нагревания образца пыли от 20 °C до 1000 °C, составили 3,1 % (масс). Эндотермические тепловые эффекты отмечены при температурах: 130,7 °C; 474,8 °C; 585,9 °C; 625,2 °C; 684,1 °C; 767,6 °C и 876,0 °C.

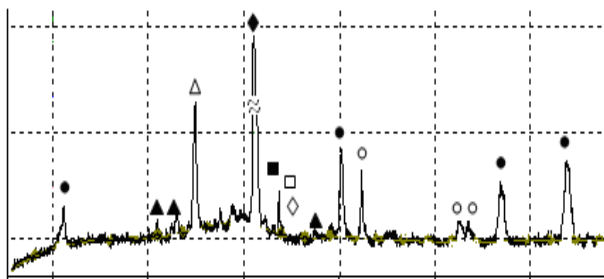


Рис. 2 – Рентгенограмма пыли ЭДСП: ● – магнетит Fe_3O_4 ; ■ – гематит Fe_2O_3 ; ○ – металлическое железо Fe ; ♦ – кварц SiO_2 ; □ – оксид цинка ZnO ; ◇ – оксид кальция CaO ; Δ – пиролюзит MnO_2 ; ▲ – двухкальцевый силикат $2CaO \cdot SiO_2$

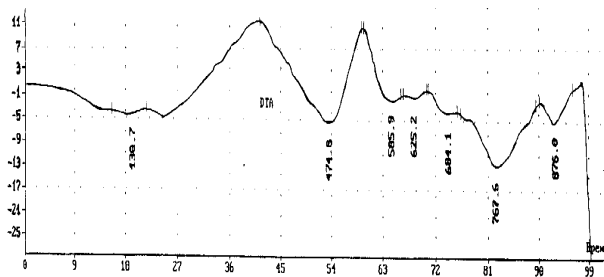


Рис. 3 – Тепловые эффекты при нагревании пыли ЭДСП

Согласно справочным данным [10], тепловые эффекты на рис. 3, сопровождаются следующими процессами и превращениями: 20–130,7 °C – потеря гигроскопической влаги; 474,8 °C – переход γ - Fe_2O_3 в α - Fe_2O_3 ; 585,9 °C; 625,2 °C; 684,1 °C; 767,6 °C – разложение кальцита и магнезита; 580 °C – обратимое полимерное превращение SiO_2 из α - в β -модификацию; 684,1 °C – переход Fe_2O_4 в α - Fe_2O_3 ; 876,0 °C – разложение кальцита $CaCO_3$.

Электронно-микроскопический анализ образцов пыли ЭДСП с помощью растрового электронного микроскопа марки «Quanta-200 3Д» показали наличие частиц пыли преимущественно шаро-

образных форм с рыхлой развитой поверхностью. На энергодисперсионном спектре пыли кроме соединений, присутствующих на рентгенограмме, обнаружены следы соединений цинка, марганца, магния, натрия. Оксидный состав пыли ЭДСП, определенный с помощью количественного рентгенофазового анализа, представленный в табл. 2, свидетельствует о многокомпонентности состава пыли. Следует обратить внимание, что содержание оксидов железа в ней в пересчете на Fe_2O_3 составляет 49,4 %, CaO – 13,4 %, Na_2O – 9,7 %. Остальные ингредиенты, представленные в табл. 2, содержатся в пыли в незначительных количествах.

Таблица 2 – Оксидный состав пыли ЭДСП

Компоненты	Fe_3O_4	CaO	Na_2O	SiO_2	ZnO	K_2O	MgO	MnO	SO_3	Cl^-	Al_2O_3
Содержание, масс %	49,5	13,48	9,7	5,9	5,8	5,6	3,9	2,1	1,3	0,8	0,6
Компоненты	PbO	Rh_2O_3	Cr_2O_3	CuO	P_2O_5	TiO_2	SrO	CdO	NiO	V_2O_5	Br
Содержание, масс %	0,4	0,3	0,3	0,1	0,1	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

Таким образом, исходя из широкого набора представленных здесь физико-химических особенностей пыли (высокая дисперсность, развитая поверхность частиц, разнообразный химический состав) можно предположить следующие направления возможного использования пыли ЭДСП (рис. 4).

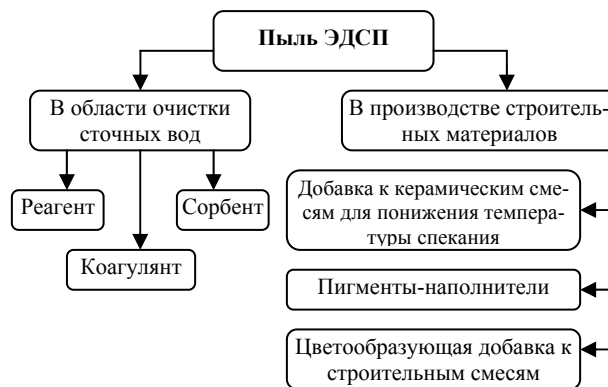


Рис. 4 – Схема возможных направлений использования пыли ЭДСП

Использование пыли ЭДСП для производства различной продукции позволит уменьшить количество образующихся промышленных отходов, снизить негативную антропогенную нагрузку на окружающую среду и расширить сырьевую базу для производства материалов различного назначения.

Литература

- С.В. Свергузова, М.Г. Григорьян, *Экология и промышленность России*, 9, 45-47 (2010).
- С.В. Свергузова, Д.А. Ельников, Ж.А. Свергузова, *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*, 2, 144-147 (2011).

3. С.В. Свергузова, Ю.Н. Малахатка, А.В. Шамшуров, *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*, 3, 175-177 (2012).
4. Р.Ш. Валеев, И.Г. Шайхиев, *Вестник Казанского технологического университета*, 13, 41-45 (2011).
5. И.Г. Шайхиев, *Все материалы. Энциклопедический справочник*, 12, 29-42 (2008).
6. И.Г. Шайхиев, *Все материалы. Энциклопедический справочник*, 3, 26-34 (2010).
7. И.Г. Шайхиев, *Все материалы. Энциклопедический справочник*, 4, 30-40 (2010).
8. С.В. Свергузова, Л.А. Поржнюк, И.Г. Шайхиев, Д.Ю. Ипанов, В.Д. Мухачева, *Вестник Казанского технологического университета*, 7, 92-94 (2013).
9. И.В. Старостина, Е.А. Пендюрин, А.В. Толитченко, *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*, 21, 129-132 (2013).
10. В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев, *Методы физико-химического анализа вяжущих веществ*. М.: Высш. шк., 1981, 334.

© **С. В. Свергузова** - д.т.н., проф., зав. каф. промышленной экологии Белгородского госуд. технологического ун-та им. В.Г. Шухова, re@intbel.ru; **И. Г. Шайхиев** - д.т.н., зав. каф. инженерной экологии КНИТУ; **Л. А. Порожнюк** - к.т.н., доцент каф. промышленной экологии Белгородского госуд. технологического ун-та им. В.Г. Шухова **Д. Ю. Ипанов** – аспирант той же кафедры; **Е. В. Суханов** – аспирант той же кафедры.