

Е. О. Богдан, доц., канд. техн. наук;
Ю. Г. Павлюкевич, доц., канд. техн. наук;
А. А. Черник, доц., канд. хим. наук;
Н.Н. Гундилович, ассист., канд. техн. наук; П.С. Ларионов, асп.
(БГТУ, г. Минск)

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЫЛИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

На ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» в процессе выплавки стали в дуговых сталеплавильных печах образуются различные отходы, в том числе и пыль, улавливаемая фильтрами в процессе очистки газов, отходящих от сталеплавильных печей (далее пыль ПГУ). Поскольку процессы сталеплавильного производства протекают при высоких температурах, цинк, железо и другие элементы, присутствующие в шихте, переходят в газовую фазу и далее накапливаются в аппаратах системы газоочистки.

Разработка и применение эффективных технологий по утилизации накопленных на территориях предприятий отходов относятся к важнейшим задачам металлургии, а научные исследования, направленные на разработку технологий по переработке и утилизации отходов сталеплавильного производства, весьма актуальны.

Целью настоящей работы явилось комплексное исследование физико-химических свойств пыли ПГУ и установление основных направлений ее переработки.

Исследуемая пыль ПГУ представляет собой высокодисперсный полифракционный порошок. Насыпная плотность пыли ПГУ 597,6–734,6 кг/м³. Цвет образцов пыли, определенный визуально по шкале 1000-цветного атласа ВНИИ им. Д.И. Менделеева, зеленовато-коричневый.

Химический состав образцов пыли определялся на волновом рентгенофлуоресцентном спектрометре Asios (PANalytical, Нидерланды). Установлено, что химический состав пробы пыли ПГУ представлен соединениями различных химических элементов, причем преобладающими являются Fe, Zn, Ca. Их содержание в пересчете на оксиды составляет Fe₂O₃ – 33,0–36,5 мас. %; ZnO – 27,1–30,1 мас. %; CaO – 6,16–10,2 мас. %.

Фазовый состав исследуемых образцов пыли, определенный с помощью рентгеновского дифрактометра D8 Advance фирмы Bruker, представлен преимущественно кристаллическими фазами магнетита (FeO·Fe₂O₃), феррита (α-Fe), франклинита (ZnO·Fe₂O₃), мелантерита

($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), вюстита (FeO), сидерита (FeCO_3), вульфингита ($\text{Zn}(\text{OH})_2$), лавренсита (FeCl_2), кальцита (CaCO_3), магнезита (MgCO_3) и смитсонита (ZnCO_3).

Микроструктура образцов пыли ПГУ, исследованная с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV, представлена отдельными частицами и их агломератами. Текстура – однородная, форма частиц – преимущественно изометрическая.

Исследование гранулометрического состава пыли проводилось на лазерном анализаторе размеров частиц «HORIBA LA-950». Установлено, что исследуемая пыль ПГУ является полидисперсной с размером частиц 0,34–150,38 мкм, причем содержание фракции 1–10 мкм составляет около 64 мас. %.

На основе проведенных исследований физико-химических свойств пыли ПГУ разработаны основные направления ее использования и переработки. Одним из направлений утилизации пыли ПГУ является ее использование в качестве сырьевого компонента при получении материалов строительного назначения: клинкерного кирпича, объемно окрашенного и ангобированного керамического лицевого.

На кафедре технологии стекла и керамики БГТУ проведены исследования возможности получения клинкерного кирпича на основе тугоплавкой глины Городное, суглинков Фаниполь, легкоплавкой глины Кустиха или Гайдуковка, гранитоидных отсеков и пыли ПГУ в количестве 5–15 %.

Образцы, обожженные при температуре 1100 °С, по физико-химическим характеристикам в соответствии с требованиями СТБ 1787-2007 могут быть отнесены к клинкерному кирпичу класса А (выдержка при максимальной температуре 1–2 ч) и класса Б (выдержка при максимальной температуре 3 ч).

Учитывая высокое содержание соединений цинка в составе пыли, что в пересчете на оксиды составляет около 27,1–30,1 %, перспективным методом представляется гидрометаллургическое извлечение цинка. Гидрометаллургические методы основаны на растворении соединений цинка в растворах кислот, щелочей с последующим его извлечением, например, в виде цинкового порошка. Кроме того, при обработке растворов выщелачивания щелочами и H_3PO_4 возможно получение оксида цинка ZnO (после термообработки образовавшегося $\text{Zn}(\text{OH})_2$) или фосфата цинка $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$, которые могут применяться в качестве пигментов, в том числе и антикоррозионных. При дальнейшей химической обработке осадка $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ возможно получение гидро- и дигидрофосфатов цинка, которые широко используются в сельском хозяйстве в качестве микроудобрений.

Исследования, проведенные на кафедре химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники БГТУ показали принципиальную возможность применения электроэкстракции для извлечения цинка из пыли ПГУ в виде металла.

Образцы пыли ПГУ подвергались выщелачиванию в растворах серной кислоты и гидроксида натрия. Затем растворы выщелачивания подвергали электролизу с нерастворимыми анодами – графитами и нержавеющей сталью для кислого и щелочного электролита соответственно. В качестве материала катода использовалась медь, нержавеющая сталь, а также катоды с высокой удельной поверхностью из пеноникеля.

Полученные данные по удельному расходу электрической энергии 6200–10300 кВт·ч/т показывают, что этот показатель сопоставим с таковым для процесса электроэкстракции цинка из руды. Учитывая высокие объемы образования пыли ПГУ, а также достаточно высокую и постоянно растущую стоимость цинка на мировом рынке (2813 \$/т), электроэкстракция цинка может быть рассмотрена как перспективный способ переработки исследуемого отхода.

После выщелачивания цинка из пыли ПГУ, образуется железосодержащий продукт, содержащий преимущественно соединения железа, а также другие химические соединения в качестве примесей, присутствовавшие изначально в составе перерабатываемой пыли. Железосодержащий продукт может в дальнейшем применяться при получении объемно окрашенного и ангобированного керамического кирпича, а также бетонных тротуарных плит.

Еще одним из направлений переработки пыли ПГУ является ее использование в качестве наполнителя при получении лакокрасочных материалов (ЛКМ). Наполнителями лакокрасочных материалов являются высокодисперсные неорганические вещества, в качестве которых как правило используют природные минералы: кальцит, мел, доломит, каолин, тальк, слюда, барит, кварц и другие. Наполнители вводят в краски и грунтовки в количестве 25–100 % от массы пигментов.

Проведенные исследования позволили установить, что предварительно термообработанная при 1000 °С пыль ПГУ может использоваться в качестве пигмента или активного наполнителя при получении лакокрасочных материалов. Например, алкидная грунтовка, полученная с использованием пыли ПГУ, характеризуется повышенными значениями твердости, прочности при ударе и адгезии к металлическим и деревянным поверхностям.