

УДК 549 : 669.431.6

Филенко В.В., Тырышкина С.Н., Иванченко В.В., Евтехов В.Д., Нестренко Т.П., Ковальчук Л.Н.

Состав и обогатимость металлургических шламов комбината «Криворожсталь»

Приведены результаты геохимического, минералогического и технологического изучения дисперсных отходов основных производственных цехов комбината. Установлен характер поведения отдельных минералов и входящих в их состав химических элементов в различных физических полях. Полученная информация может быть использована для разработки эффективной технологии утилизации шламов металлургического производства.

Металлургические шламы комбината «Криворожсталь» характеризуются высоким содержанием железа, коксовой пыли, технических масел, флюсов и некоторых других компонентов. К настоящему времени накоплено около 10 млн. т шламов. В ограниченном количестве они используются как железорудное сырье в аглодоменном производстве (в среднем 135 кг/т агломерата). Основные затруднения в утилизации шламов связаны с высоким содержанием в них щелочей, цинка, серы, меди, свинца и других вредных для металлургического производства химических элементов.

Задачей настоящей работы являлось комплексное изучение минерального, химического состава шламов, поступающих из основных производственных цехов комбината, особенностей их поведения в магнитном и гравитационном полях с целью минералогического обоснования рациональной технологии их утилизации.

Результаты предыдущих исследований авторов показали, что шламы содержат сложный спектр химических элементов [5, 6, 8]. Усредненный химический состав шламов основных производственных цехов комбината «Криворожсталь» приведен в табл. 1.

Таблица 1.

Химический состав металлургических шламов комбината «Криворожсталь», мас. %.

Компоненты	Содержание	Компоненты	Содержание	Компоненты	Содержание
Fe _{общ.}	29,7-60,1	Mo	0-0,002	Sn	0-0,006
FeO	7,22-18,9	Na ₂ O	0,02-0,08	Cr	0,001-0,04
Fe ₂ O ₃	34,46-77,2	K ₂ O	0,06-0,16	V	0-0,015
SiO ₂	3,1-10,4	Zn	0,04-1,9	Nb	0-0,002
MgO	0,77-6,1	Pb	0,08-0,2	Zr	0,001-0,02
CaO	3,04-18,6	Cu	0,01-0,2	Sc	0-0,001
MnO	0,17-0,64	S	0,17-0,94	Ba	0-0,5
C	1,78-14,66	P	0-0,03	Sr	0,002-0,01
Al ₂ O ₃	0,25-0,75	Ni	0,003-0,03	Y	0-0,003
п.п.п.	2,51-19,6	Cd	0-0,1	La	0,002-0,02
				Co	0-0,0004

коэффициент окисленности железа $K_o = \text{Fe}_2\text{O}_3 / (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,63-0,83$
 модуль основности шлама $M_o = (\text{CaO} + \text{MgO}) : \text{SiO}_2 = 0,74-6,22$

Шламы сложены рудными (железо-содержащими) и нерудными минералами. Основными рудными являются металлическое железо, вюстит, магнетит, магхемит, гематит, гетит, лепидокрокит, гидрогетит, кальциоферрит, сидерит, ярозит. Они встречаются как в раскрытом (мономинеральном) виде так и в виде сростаний: металлическое железо + вюстит; вюстит + магнетит; магнетит + гематит (мартит), металлическое железо + гетит + лепидокрокит и др. [2, 4]. Нерудные минералы представлены шпинелью, кварцем, кристобалитом, тридимитом, халцедоном, оливином, ортоклазом, диопсидом, геденбергитом, куммингтонитом, турмалином, биотитом, серпентином, каолинитом, карбонатами кальция и магнезия. В значительном количестве присутствуют силикатные и железо-силикатные стекла, частицы исходной железной руды, техногенные продукты: кокс, известь, прокатная окалина, частицы шлака, а также технические масла [1].

Вредная для металлургического передела примесь цинка присутствует в составе цинкита, франклинита, некоторых карбонатов и сульфидов [6, 9]. Щелочные элементы находятся в виде хлоридов и сульфатов натрия и калия (галит, сильвин, мирабилит и др.). Особой формой нахождения химических элементов, в том числе вредных примесей являются абсорбционные пленки на поверхности шламовых частиц.

Кроме отличий в химическом и минеральном составе, частицы шламов различаются по условиям образования, степени раскristаллизации, размеру, морфологии, внутреннему строению, характеру вторичных изменений [3]. Эти особенности оказывают решающее влияние на обогатимость шламов как техногенного железорудного сырья, эффективность их использования в аглодоменном производстве.

Магнитное обогащение шламов выполнялось авторами с использованием лабораторного сепаратора АМ-1-2. Металлическое железо, вюстит, магнетит и магхемит концентрировались, в основном, в магнитной фракции. Вюстит не является ферромагнетиком, однако образует тесные сростания с металлическим железом и магнетитом. Общее содержание железа в магнитном продукте, по данным разных экспериментов, колебалось от 57 до 59 мас.%, выход продукта составил 30-40%. В немагнитной фракции накапливались гематит (мартит и железная слюдка), кальциоферрит, сидерит, гетит, а также герцинит, силикаты, графит. В небольшом количестве присутствовал магнетит в виде субтонких дендритов в силикатных и железосиликатных стеклах.

Вредные компоненты (S, Zn, Cu) и большинство элементов-примесей (Ni, W, Cr, Mn, Ti, Zr, Ba, Sr) концентрировались в немагнитной фракции проб, независимо от происхождения шламов. Исключением являлся Pb, который из агломерационных шламов извлекается в магнитный продукт, из доменных – в немагнитный, а в мартеновских шламах распределен по обоим продуктам равномерно.

Возможности гравитационного обогащения металлургических шламов изучались с использованием гидроциклона, конусного сепаратора, винтового сепаратора, концентрационного стола, а также методом седиментационного анализа. Распределение химических элементов в продуктах гравитационной сепарации имело закономерный характер. Металлическое железо и его оксиды концентрировались в тяжелой фракции, причем на концентрационном столе выделение рудных частиц происходило более эффективно. Общее содержание железа в тяжелой фракции, по данным экспериментов с разными обогатительными аппаратами, колебалось от 62 до 65 мас.%. Выход концентрата колебался в границах 35-45%.

Силикаты, карбонаты, графит, коксовая пыль, технические масла концентрировались в легкой фракции. Здесь же накапливались вредные химические элементы (S, Zn, Pb, Cu), что согласуется с данными [5].

Результаты геохимических исследований показали, что редкие и рассеянные химические компоненты распределялись по продуктам гравитационного обогащения следующим образом: Ni, Sn, W – в тяжелой фракции, Bi, Cd, Cr, Ba – в легкой, Nb, Sr, La – в промежуточных продуктах. Mo, Ti, V, Zr, Sc, Y распределялись по всем продуктам относительно равномерно.

Таким образом, при производстве железорудного концентрата из металлургических шламов гравитационная технология является более эффективной в сравнении с магнитной. Основными направлениями дальнейших исследований можно считать изучение возможности получения энергетического сырья из отходов гравитационного обогащения шламов и более глубокое исследование поведения в этом процессе вредных примесей, а также редких и рассеянных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванченко В.В., Кекух А.В., Оторвин П.И. и др.* Нерудные минералы в металлургических шламах ОАО «КГМК «Криворожсталь» // Металлургическая и горнорудная промышленность.– 2004.– №3.– С. 17- 22.
2. *Иванченко В.В., Шеремет В.А., Кекух А.В. и др.* Минералы железа в металлургических шламах ОАО «КГМК «Криворожсталь» // Металлургическая и горнорудная промышленность.– 2004.– №3.– С. 22-26.
3. *Иванченко В.В., Шеремет В.А., Кекух А.В. и др.* Минеральные разновидности зерен в шламах металлургических предприятий (на примере ОАО «КГМК «Криворожсталь») // Теория и практика металлургии.– 2004.– №3-4.– С. 39-44.
4. *Личкоенко Н.В., Колесник Н.Ф.* Оценка физико-химических свойств шламов мартеновского производства МК «Запорожсталь» // Теория и практика металлургии.– 2000.– №3.– С. 50-52.
5. *Михалевич А.Г., Борондаев Б.М., Довлядов И.В.* Метод утилизации цинксодержащих пылей и шламов металлургического производства // Сталь.– 1994.– №1.– С. 72-78.
6. *Остапенко П.Е., Мясников Н.Ф.* Безотходная технология переработки руд черных металлов // Москва: Недра, 1988.– 271 с.
7. *Свяжгин А.Г.* Механизм образования пыли при производстве стали // Сталь.– 1999.– №12.– С. 78-81.
8. *Троянский А.А., Клягин Г.С., Ростовский В.И.* Технология рециклинга пылевывноса сталеплавильных агрегатов с извлечением цветных металлов // Сталь.– 2002.– №8.– С. 119-122.
9. *Шеремет В.А., Кекух А.В., Максименко Л.Г. и др.* Результаты исследования минеральных форм нахождения вредных примесей в шламах // Сталь.– 2004.– №6.– С. 111-114.

ФІЛЕНКО В.В., ТИРИШКІНА С.М., ІВАНЧЕНКО В.В., ЄВТЕХОВ В.Д., НЕСТЕРЕНКО Т.П., КОВАЛЬЧУК Л.М. Склад і збагачуваність металургійних шламів комбінату „Криворіжсталь”.

РЕЗЮМЕ. Металургійні шлами комбінату „Криворіжсталь” містять понад 20 мінеральних компонентів та інших речовин, які мають різний хімічний склад, фізичні властивості і технологічні характеристики. За даними мінералого-технологічних експериментів, оптимальною технологією одержання з шламів залізорудного концентрату є комбінована магнітно-гравітаційна.

ФИЛЕНКО В.В., ТЫРЫШКИНА С.Н., ИВАНЧЕНКО В.В., ЕВТЕХОВ В.Д., НЕСТЕРЕНКО Т.П., КОВАЛЬЧУК Л.Н. Состав и обогатимость металлургических шламов комбината «Криворожсталь»

РЕЗЮМЕ. Металлургические шламы комбината «Криворожсталь» содержат более 20 минеральных компонентов и других веществ, имеющих разный химический состав, физические свойства и технологические характеристики. По данным минералого-технологических экспериментов, оптимальной технологией получения из шламов железорудного концентрата является комбинированная магнитно-гравитационная.

FILENKO V.V., TYRYSHKINA S.M., IVANCHENKO V.V., EVTEKHOV V.D., NESTERENKO T.P., KOVALCHUK L.M. Composition and dressability of metallurgical slimes of Kryvorizhstal combine.

SUMMARY. The Krivorozhstal combine metallurgical slimes contain more than 20 mineral components and other substances having different chemical composition, physical properties and technological characteristics. According to the data of mineralogical and technological studies, the optimum technology of production iron ore concentrate from slimes is combined magnetic-gravitational one.

*Надійшла до редакції 28 вересня 2004 р.
Представив до публікації доц. Ю.Л.Ахкозов.*