

Н.М. Можаренко, А.А. Параносенков, В.С. Евглевский

ШЛАКООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ КРАСНЫХ ШЛАМОВ

Проведены результаты расчетно–аналитического исследования влияния красного шлама на формирование конечного шлака доменной плавки. Показана необходимость дополнительного введения MgO вместо CaO для достижения устойчивых свойств конечного шлака.

В работах [1–2] была показана технологическая целесообразность использования красных шламов в доменной плавке как железосодержащей добавки. Однако кроме железа, представленного в основном в виде Fe_2O_3 , в них содержится до 15–20% Al_2O_3 , соотношение CaO/SiO_2 близко к единице. Кроме того, в них содержится до 4–5% MgO. Наличие такого количества и сочетания шлакообразующих компонентов позволяет использовать красные шламы и как шлакообразующую добавку, корректирующую свойства конечных шлаков по физическим и химическим свойствам.

Красный шлак (КШ) – является одним из массовых отходов алюминиевой промышленности. Выход красных шламов колеблется, в зависимости от состава и свойств перерабатываемого бокситового сырья, в пределах 0,8–1,2 кг на тонну получаемого глинозема [1]. В мировом масштабе за год сбрасывается более 50 млн. т красных шламов в отвалы или водоемы. Негативное воздействие на окружающую среду обосновывают актуальность проблемы утилизации красных шламов. К тому же в них находится содержание полезных компонентов на промышленном уровне, что повышает перспективность утилизации красных шламов. Однако наличие в КШ других, различно влияющих на технологический процесс, состав и свойства продуктов плавки, компонентов требуют детального изучения этого воздействия.

Кроме осуществления утилизации красного шлама как железорудной добавки наличие в КШ благоприятного соотношения CaO/SiO_2 , близкого к единице, и высокого, до 15–20%, содержания в нем Al_2O_3 делает его хорошей добавкой, корректирующей свойства конечного шлака доменной плавки по физическим и химическим свойствам: вязкости, поверхностному натяжению, температурам начала размягчения и начала кристаллизации, серопоглотительной способности и степени его реактивности по содержанию FeO.

Для исследований были произведены спекания опытных агломератов с различным расходом красных шламов в шихте на Ново–Криворожском горнообогатительном комбинате (НКГОК–1). Химический состав агломератов представлен в табл.1. При выборе исходного (базового) состава агломерата за основу был взят состав агломерата текущего производств Ново–Криворожского горнообогатительного комбината первого производст-

Таблица 1 – Состав агломерата при различном содержании красного шлама в шихте

№ п/ п	Расход КШ		Состав агломерата, %												
	кг/т агл.	%	Fe _{общ}	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO/SiO ₂
1	База		53,4	12,57	9,45	1,17	1,28	11,85	62,15	0,74	0,04	0,30	0,059	0,381	1,33
2	25,0	2,0	53,4	11,77	8,85	1,02	2,00	13,00	61,85	0,65	0,04	0,33	0,067	0,433	1,33
3	50,0	3,9	53,2	11,68	8,84	0,96	2,50	13,80	60,67	0,60	0,05	0,36	0,073	0,477	1,32
4	75,0	5,9	53,3	11,35	8,53	1,01	3,00	14,70	59,81	0,55	0,06	0,38	0,081	0,529	1,33
5	100,0	7,9	53,4	10,57	8,01	1,08	4,00	13,60	61,17	0,50	0,06	0,35	0,089	0,581	1,32
6	25,0	2,0	53,4	11,29	8,85	1,50	2,00	12,50	62,40	0,60	0,04	0,32	0,067	0,439	1,28
7	25,0	2,0	53,4	10,79	8,85	2,00	2,00	12,50	62,40	0,60	0,04	0,32	0,067	0,433	1,28

ва (НКГОК–1). Для оценки влияния агломерата с различным расходом КШ в аглошихту на состав и свойства конечных шлаков было выбрано 7 вариантов:

- базовый состав агломерата, который соответствовал агломерату текущего производства (вариант №1);
- варианты № 2–5 с расходом КШ в аглошихту из расчета 25, 50, 75 и 100 кг на тонну агломерата соответственно;
- варианты №6 и 7 с расходом красного шлама 25кг на тонну агломерата (застабилизированное содержание Al_2O_3) при увеличении содержания MgO .

Расход КШ в аглошихту, состоящей из железорудного концентрата, аглоруды, известняка и твердого топлива, принимался из условия обеспечения получения агломерата при неизменной (на уровне базового) содержания железа (53,4%), окиси магния (1,18%) и основности ($CaO/SiO_2 = 1,33$ ед.) за счет снижения расхода аглоруды и увеличения доли железорудного концентрата.

Для установления влияния опытных агломератов с различным расходом КШ в аглошихту на состав и свойства конечных шлаков доменной плавки, определяющих качество чугуна, тепловое состояние металлоприемника и его дренажную способность, были выполнены две расчетно–аналитические оценки проплавки опытных агломератов (варианты 1–7) по следующей программе: 1. Шихта для ведения доменной плавки состояла из агломерата одного из вариантов и кокса; 2. Шихта для ведения доменной плавки состояла из агломерата вариантов 1, 6, 7 и железной руды в количестве 4,3% от веса железорудной части подачи. Результаты проведенных расчетов представлены в таблицах 2–5.

В результате расчетно-аналитической оценки по первому варианту установлено, что в конечном шлаке произошло резкое снижение SiO_2 до 31,8% и возросло содержание Al_2O_3 от 7,3% (базовый вариант) до 17,7% (вариант 5). Содержание MgO в шлаке в этих вариантах находилось на уровне 4–4,5% и только в вариантах 6 и 7 оно возросло до 5,9–7,7%.

Основность агломерата по CaO/SiO_2 достигала 1,41 ед., а вязкость шлака получилась повышенной, особенно при температуре 1400⁰С (табл.3). Таким образом, оценивая свойства шлака только по этим основным показателям видно, что такие шлаки не характерны для устойчивых шлаков [3, 4] и не отвечают требованиям технологии доменной плавки для условий Украины.

Результаты определения состава и свойств конечных шлаков по второму варианту (приведены в табл. 4 и 5) показали, что химический состав агломерата и его свойства вполне отвечают требованиям, предъявленным к устойчивым шлакам, которые определены М.А. Павловым [3] и Васильевым [4]. Полученный ряд значений оценки свойств шлака по критериальному соотношению Al_2O_3/MgO соответствует реальным шлакам КГГМК "Криворожсталь" [5,6]. Вязкость шлаков как для температуры 1400⁰С, так и 1500⁰С соответствует требованиям современной доменной плавки. Стехиометрический показатель шлака для шлаков Украины находится в промежутке 0,70–0,72.

Таблица 2 - Химический состав конечных шлаков (расчет 1)

№ п/п	Расход красного шлама на т агломерата, кг	Химический состав шлака, %									
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	FeO	S	CaO/SiO ₂	$\frac{(CaO+MgO)}{SiO_2}$	Al ₂ O ₃ /MgO
1	0	35,738	7,311	50,366	4,487	0,653	0,277	1,167	1,409	1,535	1,630
2	25	34,751	10,230	48,881	4,059	0,591	0,285	1,202	1,407	1,523	2,520
3	50	34,294	11,958	47,953	3,788	0,539	0,281	1,188	1,398	1,509	3,157
4	75	33,336	13,848	46,863	3,984	0,495	0,282	1,191	1,406	1,525	3,476
5	100	31,800	17,693	44,293	4,276	0,454	0,285	1,200	1,393	1,530	4,140
6	25	34,767	10,235	47,103	5,862	0,546	0,285	1,203	1,355	1,523	1,746
7	25	34,767	10,235	45,228	7,737	0,546	0,285	1,203	1,301	1,523	1,323

Таблица 3 - Свойства конечных шлаков (расчет 1)

№ п/п	Расход красного шлама на т агломерата, кг	Свойства шлака									
		L _{sp}	L _{sp}	Степень достижения равновесия	Серопоглот.	Способность шлака	Стихиометрия шлака	Вязкость шлака при 1400°С, Па*сек	Вязкость шлака при 1500°С, Па*сек	Энтальпия, кДж/кг	Температура начала плавления, °С
1	0	57,63	124,72	46,20	27,91	0,727	0,618	0,312	1926,9	1358	1384
2	25	59,28	101,66	58,31	24,86	0,720	0,551	0,285	1925,5	1344	1376
3	50	58,31	89,30	65,30	22,72	0,722	0,513	0,265	1921,6	1332	1369
4	75	58,54	85,83	68,20	22,65	0,722	0,512	0,265	1925,1	1432	1469
5	100	59,03	74,35	79,39	20,86	0,719	0,486	0,251	1919,1	1322	1363
6	25	59,27	107,97	54,90	26,07	0,725	0,576	0,298	1903,5	1349	1380
7	25	59,27	117,41	50,49	27,46	0,727	0,607	0,314	1886,8	1356	1383

Таблица 4 - Химический состав конечных шлаков (расчет 2)

№ варианта	Расход красного шлама на т агломерата, кг	Химический состав шлака, %									
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	FeO	S	CaO/SiO ₂	$\frac{(CaO+MgO)}{SiO_2}$	Al ₂ O ₃ /MgO
1	0	38,391	7,051	48,184	4,328	0,622	0,273	1,151	1,255	1,368	1,629
6	25	37,352	9,855	45,158	5,645	0,521	0,281	1,188	1,209	1,360	1,746
7	25	37,544	9,823	43,235	7,414	0,519	0,281	1,184	1,152	1,349	1,325

Таблица 5 - Свойства конечных шлаков (расчет 2)

№ варианта	Расход красного шлама на т агломерата, кг	Свойства шлака									
		L_{sf}	L_{sp}	Степень достижения равновесия, %	Сероволют. способность шлака	Стихиометрия шлака	Вязкость шлака при 1400°С, Па*сек	Вязкость шлака при 1500°С, Па*сек	Энтальпия, кДж/кг	Температура начала плавления, °С	Температура начала кристаллизации, °С
1	0	56,85	76,39	74,41	17,71	0,715	0,456	0,236	1877,6	1301	1351
6	25	58,43	68,23	85,64	17,00	0,714	0,452	0,234	1873,0	1296	1348
7	25	58,39	71,56	81,59	17,34	0,714	0,453	0,234	1873,7	1298	1350

Полученные значения стехиометрического показателя шлака на уровне 0,714-0,715 подтверждает вывод об устойчивости шлаков при добавлении в агломерат красных шламов. Попытки использовать красные шламы для улучшения свойств шлака только за счет доведения содержания Al_2O_3 до уровня 10% без изменения содержания MgO до рационального уровня не даст положительного результата.

Использование красных шламов в производстве агломерата и технологически правильном выборе состава доменной шихты обеспечивает получение конечных шлаков с требуемыми металлургическими свойствами. Применение красных шламов в агломерации должно сопровождаться увеличением содержания MgO , что повышает устойчивость конечных шлаков.

1. *Мещин В.В.* Работы Николаевского глиноземного завода по использованию красных шламов // Сб. «Состояние, проблемы и направления использования в народном хозяйстве красного шлама» – Николаев. 1999. С. 7–9.
2. *Результаты* поведенных промышленных испытаний по пиро- и гидрологической комплексной переработки и использованию товарного красного шлама («Факринта») в аглодоменном производстве черной металлургии / В.А. Утков, В.В. Быткин, В.И. Коробов и др. // Сб. «Состояние, проблемы и направления использования в народном хозяйстве красного шлама». – Николаев. – 1999. – С.30–34.
3. *Павлов М.А.* Металлургия чугуна, ч. 2. – М.; Металлургиздат, 1949. – 628 с.
4. *Васильев В.Е.* Доменная плавка на устойчивых шлаках. – Киев, Гостехиздат, 1956. – 260 с.
5. *Тогобицкая Д.Н.* Система анализа и выбор рациональных режимов работы металлургических агрегатов на ЭВМ // Наука– Технология – Производство. – МЧМ СССР. – М.; Металлургия, 1989. – С. 384–389.
6. *Выбор* состава доменной шихты обеспечивающий заданные свойства шлака / А.И. Белькова, Д.Н. Тогобицкая, Н.М. Можаренко // Сб. «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии» К.; Наукова думка – 2001, вып. 4, С.51–55.

Статья рекомендована к печати д.т.н. И.Г.Товаровским