

Развитие исследований качественных характеристик шламов от обогащения урановых руд для дальнейшего их использования в качестве железосодержащего вторичного сырья

Исследована микроструктура и химический состав шламов от обогащения урановых руд в целом и отдельных его частиц с применением растровой электронной микроскопии и рентгеновского микроанализа. Проведён анализ возможности и целесообразности использования данного вида техногенных отходов после предварительной обработки как вторичного железосодержащего сырья для сталеплавильного производства.

Ключевые слова: шлам, техногенные отходы, микроструктура, химический состав, утилизация, вторичное сырьё

Повышение цен на мировом рынке на железный лом [1, 2] приводит к необходимости поиска новых, более доступных источников восполнения железосодержащего сырья для электрометаллургического производства. Актуальным на сегодняшний день является направление ресурсосбережения и утилизации железосодержащих отходов [3, 4]. Одним из видов железосодержащих отходов являются хвосты шламов от обогащения урановых руд.

Цель данной работы – разработка оптимальных технологических параметров переработки шламов от обогащения урановых руд с получением железосодержащего сырья для металлургического производства, а конкретные задачи настоящих исследований заключались в изучении микроструктуры и химического состава шлама в целом и отдельных его частиц.

Микроструктуру образцов исследовали на растровом электронном микроскопе, оснащённом системой рентгеноспектрального энергодисперсионного микроанализа по описанной в работе [5] методике. Работу выполнили при ускоряющем напряжении 15 кВ и диаметре электронного зонда 4 нм, при этом диаметр зоны возбуждения рентгеновского излучения составлял порядка 1 мкм. Определение состава фаз выполнили безэталонным методом расчёта фундаментальных параметров: расчётом поправочных коэффициентов отражения электронов зонда, поглощения характеристического рентгеновского излучения и флуоресценции. Определение химического состава фаз выполнено на участках, отмеченных соответствующими условными обозначениями.

По результатам микроструктурных исследований выявлено, что шламовые отходы обогащения урановых руд в большей мере состоят из мелкодисперсных частиц размерами 10-40 мкм, которые не закреплены относительно друг друга. Реже встречаются частицы размерами до 150-200 мкм. Рентгеновский микроанализ двух исследованных участков (рисунок, табл.1) показал высокую кон-

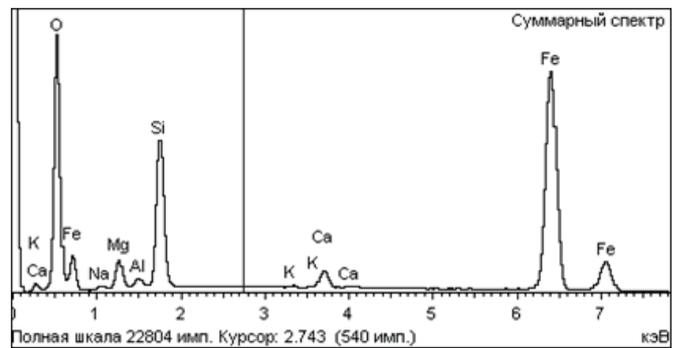
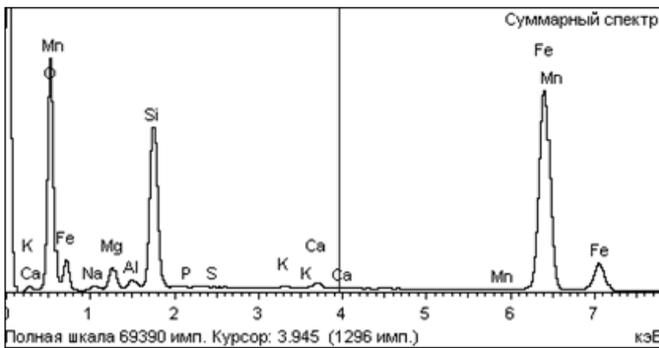
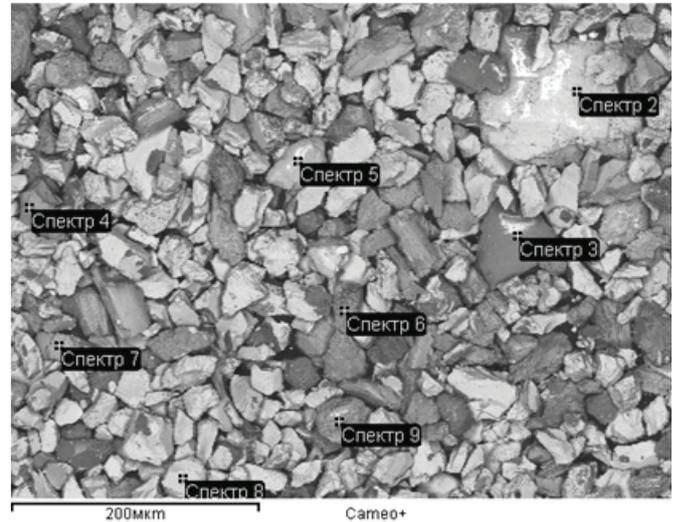
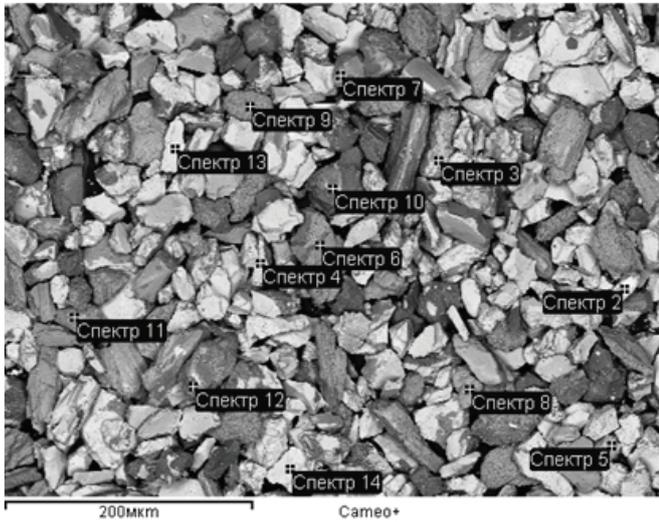
центрацию железа (51,09-52,56 %) и кислорода (30,76-31,73 %), что может указывать на преобладание в шламе оксида железа. Остальное в шламе – сопутствующие примеси Si, Ca, Mg, Al, Mn, K, Na, которые также предположительно входят в состав оксидов. Сопутствующие вредные примеси S и P, обнаружены лишь на участке (а) в количестве 0,06 и 0,07 % соответственно.

Изучение распределения химических элементов в материале (рисунок, табл. 2, 3) дало более полную информацию о природе исследованных шламов. Видно, что большую площадь исследованных участков занимают частицы с преобладанием железа и кислорода (табл. 2, спектры 4,13; табл. 3, спектр 8). Некоторые частицы содержат преобладающее количество кремния (табл. 2, спектры 10; табл. 3, спектр 3). Примеси Ca, Mg, Al, Mn, K, Na, Cr сосредоточены в основном в комплексе с кремнием и железом. Частицы, содержащие S, P и Zr, были обнаружены на участке (а) (табл. 2, спектры 2-4), что совместно с выполненным микрорентгеноспектральным анализом участков в целом (рисунок) указывает на единичные случаи присутствия данных частиц. Низкое содержание вредных примесей является одним из благоприятных условий для использования шламов обогащения урановых руд для производства железосодержащего материала для производства стали.

Из результатов исследований выявлено, что использование шламовых отходов обогащения урановых руд для получения вторичного сырьевого железосодержащего материала прямого восстановления для производства стали является целесообразным [6, 7]. На это указывают следующие факторы:

– радиационное γ -излучение в пределах допустимых значений;

– высокое содержание железа – 51,09-52,56 %, определяющее возможность получения высококачественного железосодержащего материала для прямого восстановления;



а

б

Микрофотографии образцов шламов обогащения урановых руд, результаты полученных максимумов рентгеновского микроанализа двух различных участков (а, б). Изображение получено в режиме отражённых электронов (атомарный контраст)

Таблица 1

Результаты рентгеновского микроанализа участков образцов (а, б) шламов обогащения урановых руд соответственно рисунку

Образцы									
а					б				
элемент	весовой %	атомный %	соединение %	формула	элемент	весовой %	атомный %	соединение %	формула
Na K	0,73	0,90	0,98	Na ₂ O	Na K	0,57	0,71	0,76	Na ₂ O
Mg K	2,38	2,78	3,95	MgO	Mg K	2,95	3,50	4,89	MgO
Al K	0,66	0,70	1,25	Al ₂ O ₃	Al K	0,67	0,72	1,27	Al ₂ O ₃
Si K	12,48	12,63	26,71	SiO ₂	Si K	10,82	11,13	23,15	SiO ₂
P K	0,07	0,06	0,15	P ₂ O ₅	K K	0,16	0,11	0,19	K ₂ O
S K	0,06	0,06	0,16	SO ₃	Ca K	1,51	1,09	2,12	CaO
K K	0,12	0,09	0,15	K ₂ O	Fe K	52,56	27,19	67,62	FeO
Ca K	0,53	0,37	0,74	CaO	O	30,76	55,54		
Mn K	0,15	0,08	0,19	MnO	Итого	100,00			
Fe K	51,09	25,99	65,72	FeO					
O	31,73	56,34							
Итого	100,00								

– низкая концентрация вредных примесей S и P в пределах до 0,07 %, позволяющая применять полученный материал по действующим технологическим нормам;

– дисперсная структура, обеспечивающая возможность тепловой обработки без необходимости предварительного измельчения;

– повышенное содержание оксидных кремнийсодержащих частиц на основе SiO₂ указывает на целесообразность использования вторичного железосодержащего сырья прямого восстановления на основе шламов обогащения урановых руд в сталеплавильном производстве с применением «кислой» футеровки. Это позволит минимизировать реакции, приводящие к её разведанию.

Таблица 2

Результаты микрорентгеноспектрального анализа отдельных частиц соответственно рисунку, а.

Спектр	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	V	Mn	Fe	Zr	Итого
Суммарный спектр	33,95	0,70	2,29	0,64	12,01	0,06	0,06	0,12	0,51		0,14	49,51		100,00
Спектр 2	48,19		1,34	0,83	12,51							3,66	33,47	100,00
Спектр 3	38,07				3,30	9,79			31,83			17,02		100,00
Спектр 4	36,62		0,26		1,79		22,91		0,68			37,73		100,00
Спектр 5	42,16		1,18	2,10	15,59				21,28	0,96		16,72		100,00
Спектр 6	12,69		1,14	1,30	10,26			1,69			1,25	71,66		100,00
Спектр 7	53,21		0,68	9,69	16,19				0,86		0,38	18,98		100,00
Спектр 8	48,88		2,25	7,68	15,63			1,79	0,48			23,30		100,00
Спектр 9	49,69	8,03	0,76	0,15	22,25				0,26			18,85		100,00
Спектр 10	55,68				43,70							0,62		100,00
Спектр 11	55,66		5,68		21,15				0,44			17,07		100,00
Спектр 12	61,60		11,29	0,57	20,53			0,29				5,73		100,00
Спектр 13	30,11											69,89		100,00
Спектр 14	26,73				0,30							72,97		100,00
Максимум	61,60	8,03	11,29	9,69	43,70	9,79	22,91	1,79	31,83	0,96	1,25	72,97	33,47	
Минимум	12,69	0,70	0,26	0,15	0,30	0,06	0,06	0,12	0,26	0,96	0,14	0,62	33,47	

Параметры обработки: выполнен анализ всех элементов (нормализован); все результаты в %мас.

Таблица 3

Результаты микрорентгеноспектрального анализа отдельных частиц соответственно рисунку, б.

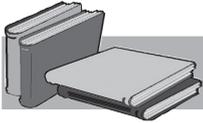
Спектр	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Cr	Fe	Итого
Суммарный спектр	35,02	0,52	2,73	0,62	10,05	0,15	1,42		49,50	100,00
Спектр 2	25,63		1,70		0,47		53,81		18,40	100,00
Спектр 3	63,93				35,59				0,48	100,00
Спектр 4	57,83		1,88	8,89	16,02	0,27	0,22		14,89	100,00
Спектр 5	58,30			12,12	22,38		1,93		5,26	100,00
Спектр 6	52,86	7,16	2,05		21,48		0,21		16,24	100,00
Спектр 7	56,18	1,09	6,77	0,15	22,16		4,82		8,82	100,00
Спектр 8	30,46								69,54	100,00
Спектр 9	61,28		10,29	8,16	12,51			0,36	7,39	100,00
Максимум	63,93	7,16	12,12	8,89	35,59	0,27	53,81	0,36	69,54	
Минимум	25,63	0,52	1,70	0,15	0,47	0,15	0,21	0,36	0,48	

Параметры обработки: выполнен анализ всех элементов (нормализован); все результаты в %мас.

Выводы

По результатам микроструктурных исследований шламов обогащения урановых руд с применением рентгеновского микроанализа выявлено дисперсный характер образцов шлама с размерами большинства частиц 10-40 мкм, которые не закреплены относительно друг друга. Высокое содержание железа (51,09 - 52,52 %мас.) и кислорода (30,76-31,73 %мас.) указывает на преобладание в структуре частиц ок-

сидов железа. В меньшем количестве обнаружены кремний-кислородосодержащие частицы. Перечисленные выше свойства, а также низкая концентрация вредных примесей S и P (в пределах 0,07 %) и допустимые значения радиационного γ -излучения, определяют целесообразность использования шламов обогащения урановых руд для получения высококачественного железосодержащего материала прямого восстановления для производства стали.



ЛИТЕРАТУРА

1. Керкхофф Х. Ю. Взрыв цен на сырье – угроза экономическому подъему / Х. Ю. Керкхофф // Черные металлы. – 2010. – №10. – С. 61-66.
2. Грищенко С. Г. Мировой финансово-экономический кризис и металлургия / С. Г. Грищенко // Сталь. – 2009. – № 2. – С. 68-71.
3. Сидоров Е. В. Подготовка железосодержащих отходов для использования в качестве сырья / Е. В. Сидоров., А. Г. Валуев, Н. А. Босякова, Э. В. Степанова // Сталь. – 2009. – № 10. – С. 105-106.
4. Эндеман Г. Образование пыли, окалины и шлама и их утилизация на металлургических заводах Германии // Г. Эндеман, Х. Б. Люнген, К.-Д. Вупперман // Чёрные металлы. – 2007. – № 2. – С. 49-56.
5. Практическая растровая электронная микроскопия / Под. Ред. Дж. Гоулдстейна, Х. Яковица. – М.: Мир, 1978. – 656 с.
6. Острик П. Н. Исследование влияния вида железорудного сырья на процесс получения железного порошка / П. Н. Острик, А. Н. Попов, И. М. Бастрыга // Физико-химия прямого получения железа. – М.: Наука, 1977. – С. 31-36.
7. Некрасов З. И. Исследование процесса восстановления железорудных брикетов горячего прессования комбинированным восстановлением / З. И. Некрасов, Б. А. Нижегородова, Б. Н. Маймур // В сб. «Физико-химия прямого получения железа». – М.: Наука. – 1977. – С. 37-41.

Анотація

Петрицев А. С.

Розвиток досліджень якісних характеристик шламів від збагачення уранових руд для подальшого їх використання в якості залізовмісної вторинної сировини

Досліджено мікроструктуру і хімічний склад шламів від збагачення уранових руд в цілому і окремих його часток із застосуванням растрової електронної мікроскопії і рентгенівського мікроаналізу. Проведено аналіз можливості і доцільності використання даного виду техногенних відходів після попередньої обробки як вторинної залізовмісної сировини для сталеплавильного виробництва.

Ключові слова

шлам, техногенні відходи, мікроструктура, хімічний склад, утилізація, вторинна сировина

Summary

Petryshchev A.

Development of researches of qualitative characteristics of tailings from enrichment of uranium ores for their further use in the capacity of a ferruginous secondary material

The microscopic structure and chemical compound of tailings from enrichment of uranium ores in whole and its separate corpuscles with application of a raster electronic microscopy and X-ray microanalysis are investigated. The analysis of possibility and expediency of use of the given aspect of a technogenic waste after preparative treatment as secondary ferruginous raw materials for steel-smelting manufacture is carried out.

Keywords

tailings, technogenic waste, microscopic structure, chemical compound, salvaging, secondary material

Поступила 05.06.2015