

УДК 622.75/76:665.5/4 (574)

**А.А. Мухтар, М.К. Мухымбекова, А.Х. Нурумгалиев,
А.Д. Момынбеков, Ж.С. Нускабеков**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАГНЕТИЗИРУЮЩЕГО ОБЖИГА БУРОЖЕЛЕЗНЯКОВОЙ РУДЫ АЯТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВОДНОЙ ЭМУЛЬСИЕЙ НЕФТИ

Исследован процесс магнетизирующего обжига Аятской бурожелезняковой руды в присутствии водной эмульсии нефти. Определены оптимальные условия обжига и магнитного обогащения огарков. Установлено, что процесс магнетизация руды протекает при температуре 700–750 °С в течении 60 минут. Получен концентрат с содержанием железа 62,3%, при выходе и извлечении 87,9–88,0 и 95,0–95,5% соответственно. Изучен фазовый состав исходной руды и продуктов ее обжига термодинамическим, рентгенофазовым, магнитным и мессбауэровским методами анализа. Ключевые слова: бурожелезняковая руда, магнитный концентрат, обжиг, магнитное обогащение, водная эмульсия, нефть, магнитная сепарация.

Бурожелезняковые руды в Республике Казахстан составляют основную массу учтенных запасов железорудного сырья, более 60% которых сосредоточены на месторождениях Лисаковское, Аятское, Кокбулак, Кутанбулак и Талдыеспе. Одним из вариантов обогащения указанных руд является обжигмагнитная схема [1].

Магнетизирующий обжиг бурожелезняковых руд и концентратов в промышленном масштабе осуществляется во вращающихся печах, где в качестве восстановителя в руду вводят измельченный бурый уголь или коксовую мелочь. Однако использование их на практике выявили ряд недостатков: высокий пылевынос шихтовых материалов из зоны печи, следствием, которого является перерасход восстановителя, неравномерный обжиг материала и т.д. [2, 3].

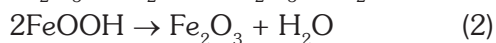
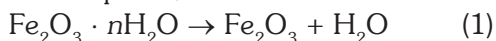
Исследования по применению в качестве восстановителей жидких углеводородов при обжиге ряда бурожелезняковых руд, показали в сравнении с твердыми восстановителями следующие

преимущества: повышение производительности печи, увеличение степени использования восстановителя в процессе обжига, снижение температуры нагрева шихты на 100–150 °С [4].

В настоящей работе исследована возможность использования в качестве восстановителя низкоконцентрированной водной эмульсии нефти месторождения Каражанбас при обжигмагнитном обогащении бурожелезняковой руды Аятского месторождения. Элементный состав нефти (масс. %): С-87; Н-11,8; S-6,3; N-0,5; O-1,25.

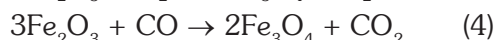
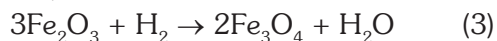
С целью снижения содержания шлакообразующих компонентов исследуемая исходная руда (Fe – 37,89%; SiO₂ – 15,38%; Al₂O₃ – 6,73%; P – 0,37%) предварительно подвергалась дешламации, затем дешламированный продукт после сушки сепарировался в сильном магнитном поле (1,2 Тл) сухим методом. Полученный таким образом промпродукт соответствующий химическому составу, %: Fe – 43,02; SiO₂ – 12,43; Al₂O₃ – 6,13; P – 0,52

обрабатывался 2% водной эмульсией нефти. При термическом анализе, которого установлены эндотермические эффекты при 150–170 °С со значительными потерями веса, характерные при удалении гигроскопической и гидратной влаги, 290–310 °С связано с дегидратацией гетита и гидрогематита с образованием гематита согласно реакциям:



Экзотермические эффекты в области 240 °С соответствуют началу деструкции водной эмульсии нефти с образованием активного водорода, продуктов паровой конверсии свободного углерода и т.д. По мере повыше-

ния температуры продукты пиролиза эмульсии нефти интенсивно взаимодействуют с активным гематитом образуя сильномагнитный Fe_3O_4 по реакции:



Что подтверждается Мессбауэровской спектроскопией и рентгенофазовым анализом образцов фиксированных в этой температурной области.

Спектры снимались на спектрометре MS-1104Em источником гамма-квантов является Co^{57} в матрице родия. Изомерный сдвиг определялся относительно $\alpha\text{-Fe}$. Обработка спектров осуществлялась по программе Univem MS (РГУ, Ростов-на-Дону).

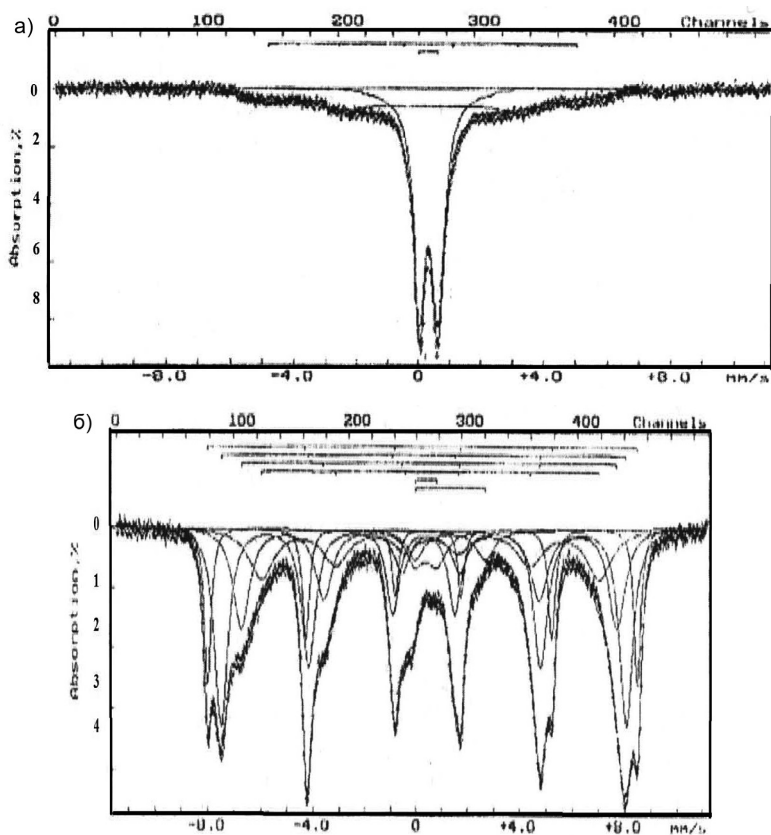


Рис. 1. Мессбауэровские спектры исходной руды (а), огарка руды предварительно обработанного 2% водной эмульсией нефти (б)

Таблица 1

Факторы и их значения

№ п/п	Фактор	Обозначение	Значения				
			1	2	3	4	5
1	Температура, °С	(X_1)	600	650	700	750	800
2	Концентрация водной эмульсии нефти, %	(X_2)	1	2	3	4	5
3	Продолжительность, мин	(X_3)	30	45	60	75	90

Таблица 2

План экспериментов

№ эксп.	X1	X2	X3
1	600	2	60
2	650	2	60
3	700	2	60
4	750	2	60
5	800	2	60
6	750	1	60
7	750	2	60
8	750	3	60
9	750	4	60
10	750	5	60
11	750	2	30
12	750	2	45
13	750	2	60
14	750	2	75
15	750	2	90

Мессбауэровские спектры руды и огарка представлены на рис. 1.

Спектры представляют собой для исходной руды (рис. 1, а) дублет, а огарка (рис. 1, б) сложная шестипиковая линия, параметры которого соответствуют – магнетиту, гематиту и остаточным гидроксидам железа.

Рентгенофазовый анализ огарка, выполненный на рентгеновском дифрактометре с базовым пакетом обрабатывающих программ – EVA (PDF-2) подтверждает присутствие магнетита, гематита, а также оксидов кремния и алюминия.

С целью определения оптимальных параметров магнетизирующего обжига промпродукта проведены эксперименты, изучаемые факторы и их

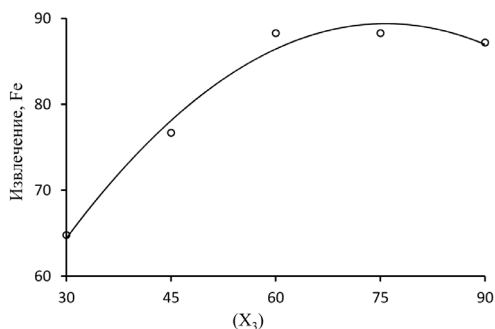
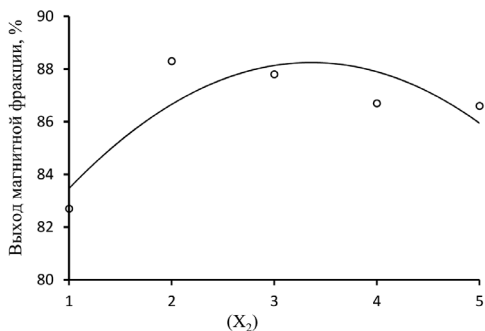
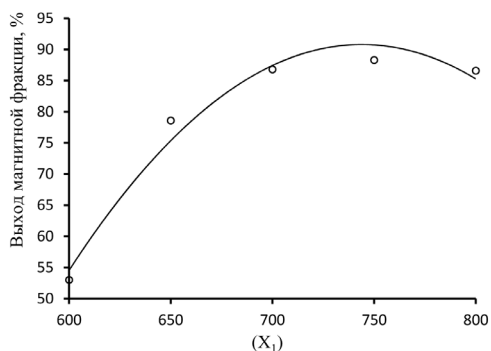


Рис. 2. Зависимость выхода магнитной фракции от температуры (X_1) концентрации водной эмульсии нефти (X_2) и продолжительности обжига (X_3)

значения, приведены в табл. 1, план экспериментов в табл. 2.

Эксперименты проводились в муфельной печи, шихта обжигалась в алундовых тиглях с крышкой с навеской по 200 гр.

Степень магнетизации огарков определяли по выходу магнитной фракции (Y) при напряженности магнитного поля 0,08 Тл. Магнитная сепарация проведена на анализаторе УЭМ-1Т сухим методом.

Путем выборки экспериментальных данных построены точечные зависимости, при обработке которых получены следующие частные эмпирические уравнения выхода магнитной фракции:

$$Y_1 = 88,0 - 0,0015 (X_1 - 750)^2 \quad (5)$$

$$Y_2 = 87,9 - 0,9 (X_2 - 2)^2 \quad (6)$$

$$Y_3 = 87,8 - 0,026 (X_3 - 60)^2 \quad (7)$$

Коэффициенты корреляции (R) значимости (T_R) уравнений рассчитанные по [5, 6] равны 0,99; 0,98; 0,97 и 85,6; 42,5; 28,0 соответственно.

Далее путем объединения частных уравнений (5), (6) и (7) выведено обобщенное многофакторное уравнение выхода магнитной фракции:

$$Y = 0,127 \cdot 10^{-3} \{ [88,0 - 0,0015 \cdot (X_1 - 750)^2] [87,9 - 0,9 (X_2 - 2)^2] \cdot [87,8 - 0,026 (X_3 - 60)^2] \} \\ T = 164,5R = 0,99 \quad (8)$$

Анализ уравнения (8) позволил определить оптимальные условия обжигмагнитного обогащения Аятской бурожелезняковой руды с водной эмульсией нефти (ВЭН): температура – 750 °С; концентрация ВЭН – 3%; время – 60 мин. В этих условиях получен обжигмагнитный концентрат следующего состава, %: Fe – 62,30; Al₂O₃ – 5,78; SiO₂ – 10,59; P – 0,50.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батишева Т.А. Магнетизирующий обжиг гидроокисных руд с целью их глубокого обогащения: Авт.реф. канд.дисс. – Ленинград, 1986. – 118 с.

2. Куликов И.С. К вопросу о выборе условий восстановления окислов железа газами в противоточных агрегатах / Новые методы исследования черных металлов. – 1987. – С. 35–41.

3. Татиенко П.А. Подготовка труднообогащаемых железных руд – М.: Недра, 1979. – 425 с.

4. Мухтар А.А., Мухымбекова М.К., Мажашев А.С., Касымова Б.К. Изучение возможностей использования эмульсии жидких углеводородов в качестве восстановителя при термической обработке бурожелезняковых руд и концентратов // Промышленность Казахстана. – 2014. – № 4(85). – С. 76–78.

5. Мальшев В.П. Математическое планирование химического и металлургического эксперимента. – Алма-Ата: Наука, 1977. – 27 с.

6. Сиськов В.И. Корреляционный анализ в экономических исследованиях. – М.: Статистика, 1975. – 120 с. **ПАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Мухтар Айдархан Ахуанулы¹ – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, зав. лабораторией, e-mail: bkosimova@mail.ru,

Мухымбекова Майдагуль Конкабаевна¹ – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: bkosimova@mail.ru,

Нурумғалиев Асылбек Хабадашович – доктор технических наук, профессор, e-mail: bkosimova@mail.ru, Карагандинский индустриальный университет, Казахстан,

Момынбеков Арман Даулетович¹ – инженер, e-mail: bkosimova@mail.ru

Нускабеков Жомарт Сағыналиевич¹ – инженер, e-mail: bkosimova@mail.ru

¹ХМИ им. Ж. Абишева, Караганда, Казахстан.

STUDY OF THE PROCESS OF MAGNETIC ROASTING OF BROWN IRON ORES DEPOSITS OF AYATSK AQUEOUS EMULSION OIL

Mukhtar A.A.¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Head of Laboratory, e-mail: bkosimova@mail.ru,

Mukhymbekova M.K.¹, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher,
e-mail: bkosimova@mail.ru,

Nuskabekov Zh.S.¹, Engineer, e-mail: bkosimova@mail.ru,

Makashev A.S.¹, Senior Researcher, e-mail: bkosimova@mail.ru,

Korovushkin V.V., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Expert,
e-mail: krvsch@mail.ru, National University of Science and Technology «MISIS»,
119049, Moscow, Russia,

¹ Chemical and Metallurgical Institute by name of J. Abishev, Karaganda, Kazakhstan.

A process of reduction roasting of Ayatsk limonite ore with oil-water emulsion. Analysis of partial dependence and generalized equations allows determination of optimal conditions of magnetizing roasting and magnetic treatment of cinders. It was found that dehydration and magnetization occur at lower temperature 700–750 °C within 60 min. Concentrate containing 62,3% of iron was obtained. Yield and extraction degree was 87,9–88,0 и 95,0–95,5%, respectively. Phase composition of initial ore and obtained products was studied using thermographic, X-ray phase, magnetic and Mossbauer analyses.

Key words: limonite ore, magnetic concentrate, roasting, magnetic enrichment, water-oil emulsion, magnetic separation.

REFERENCES

1. Batisheva T.A. *Magnetiziruyushchii obzhig gidrookisnykh rud s tsel'yu ikh glubokogo obogashcheniya* (Magnetizing roasting hidrookisnykh ores to their deep enrichment), Candidate's thesis, Leningrad, 1986, 118 p.
2. Kulikov I.S. *K voprosu o vybore uslovii vosstanovleniya okislov zheleza gazami v protivotochnykh agregatakh. Novye metody issledovaniya chernykh metallov* (On the selection of conditions for recovery of iron oxides gases in counter units. New methods of investigation of ferrous metals), 1987, pp. 35–41.
3. Tattsienko P.A. *Podgotovka trudnoobogatimyykh zheleznykh rud* (Preparation of refractory iron ore), Moscow, Nedra, 1979, 425 p.
4. Mukhtar A.A., Mukhymbekova M.K., Makashev A.S., Kasymova B.K. *Promyshlennost' Kazakhstana*. 2014, no 4(85), pp. 76–78.
5. Malyshev V.P. *Matematicheskoe planirovanie khimicheskogo i metallurgicheskogo eksperimenta* (Mathematic planning of chemical and metallurgical experiment), Alma-Ata, Nauka, 1977, 27 p.
6. Sis'kov V.I. *Korrelyatsionnyi analiz v ekonomicheskikh issledovaniyakh* (Correlation analysis in economic research), Moscow, Statistika, 1975, 120 p.



Умный и квалифицированный инженер имеет огромную общественную ценность. Те, кто думает иначе, обрекает страну на второсортное существование.