

УДК 669.243.001.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОКИСЛЕННЫХ НИКЕЛЕВЫХ РУД ЮЖНОГО УРАЛА С ПОЛУЧЕНИЕМ ТОВАРНОГО ФЕРРОНИКЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЕЧИ БАРБОТАЖНОГО ТИПА

Шаблия Н.В., аспирант кафедры «Энергоэффективные и ресурсосберегающие
промышленные технологии» (natasha9131@mail.ru)

Заикин Н.А., аспирант кафедры «Энергоэффективные и ресурсосберегающие
промышленные технологии» (heptor@mail.ru)

Подгородецкий Г.С., к.т.н., профессор, директор научно-образовательного центра
«Инновационные металлургические технологии» (podgs@misis.ru)

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
(119049, Россия, Москва, Ленинский пр., 4)

Аннотация. В настоящее время технологии переработки окисленных никелевых руд характеризуются многостадийностью и использованием дорогостоящего сырья, что существенно влияет на себестоимость конечного продукта. Опыт российских предприятий, таких как «Южуралникель» и «Уфалейникель» подтверждает, что сегодняшние технологии не позволяют добиться экономической эффективности в сложившихся условиях. Основу технологии этих предприятий составляла шахтная плавка на штейн. Ввиду высокого расхода кокса (20 – 30 т на 1 т никеля) себестоимость получаемого таким способом никеля оказывалась настолько высока, что это сделало технологию экономически неэффективной в сегодняшних рыночных условиях. В настоящее время на мировом рынке ферроникеля складывается тенденция к снижению доли высокосортного никеля в структуре потребления никелевых сплавов за счет роста производства черного ферроникеля и металлизированных материалов с пониженным содержанием никеля. Решением проблемы может стать разработка новой, более энергоэффективной технологии переработки окисленных никелевых руд. В НОЦ «Инновационные металлургические технологии» НИТУ «МИСиС» разработана инновационная технология переработки комплексных руд и техногенных отходов в печи барботажного типа ПМ (Процесс МИСиС). В настоящей работе приведено краткое описание технологии и результатов экспериментов двухстадийной технологии получения товарного ферроникеля из окисленных никелевых руд Южного Урала.

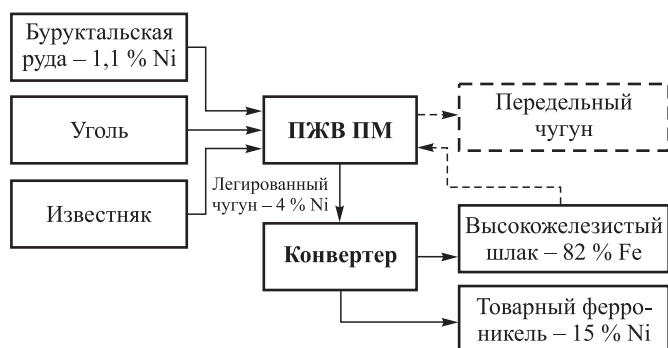
Ключевые слова: барботажный процесс, ПМ, легированные чугуны, окисленные никелевые руды, энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии, ферроникель.

DOI: 10.17073/0368-0797-2019-6-494-496

Общие мировые запасы никеля в рудах с содержанием более 1 % Ni на начало 2010 г. оценены в количестве 135 млн. т, в том числе сульфидные руды – 38 млн. т, окисленные руды – 97 млн. т. Запасы никелевых руд в России оцениваются в 25 млн. т никеля. Отечественные руды содержат в среднем от 0,85 до 1,3 % Ni [1]. Руды с содержанием никеля менее 0,8 % считаются бедными и не используются. В переработку поступают руды, содержащие в среднем 2,0 – 2,5 % Ni. В настоящее время в основном перерабатываются сульфидные руды. Значительным дополнительным источником могут служить окисленные никелевые руды, доля которых в мировых запасах составляет 72 %, а содержание в них никеля – около 1,2 млн. т [2]. Запасы никеля в месторождениях окисленных никелевых руд на территории РФ в три раза превышают его запасы в сульфидных рудах. Среднее содержание никеля в рудах подобного вида колеблется на уровне 0,6 – 1,2 %. Самым крупным месторождением окисленной никелевой руды является Буруктаальское, в котором сосредоточено порядка 7 %

разведанных запасов России. Переработка этих руд существующими способами не нашла широкого применения из-за низкого содержания никеля (порядка 0,9 – 1,1 %) и высокой себестоимости готовой продукции. Ярким подтверждением служит отрицательный опыт предприятий «Южуралникель» и «Уфалейникель», чьи мощности сегодня законсервированы из-за низкой экономической эффективности предприятий, вызванной высокой себестоимостью продукции.

Сложившаяся ситуация создает предпосылки к созданию новой эффективной технологии переработки окисленных никелевых руд путем жидкофазного восстановления, позволяющим получать товарный ферроникель (не менее 10 % Ni), пригодный для производства стали никельсодержащих марок, и имеющей благоприятные экологические показатели. В качестве альтернативы традиционным методам переработки окисленных никелевых руд перспективным представляется жидкофазный процесс восстановления [3].



Технологическая схема получения ферроникеля
Technological scheme of ferronickel production

В центре «Инновационные металлургические технологии» НИТУ «МИСиС» разработана инновационная технология переработки окисленных никелевых руд с получением легированного чугуна на первой стадии в печи жидкофазного восстановления (ПЖВ) барботажного типа ПМ (Процесс МИСиС). Далее легированный никелем чугун может перерабатываться в товарный ферроникель методом конвертирования чугуна. Технологическая схема с указанием расчетных характеристик представлена на рисунке.

Внутреннее пространство печи ПМ разделено на две зоны. В первой зоне происходит подготовка, неполное восстановление рудного сырья и удаление вредных примесей, во второй – окончательное восстановление [4]. Назначение конвертера в процессе заключается в повышении содержания целевого компонента за счет окисления части железа, которое, в сравнении с никелем, характеризуется большим сродством к кислороду [5].

Для подтверждения расчетных данных проведены эксперименты, задачей которых было смоделировать условия на всех этапах передела. В качестве никельсодержащего сырья выбрана руда месторождения Буруктальское, которая использовалась на комбинате «Южуралникель». Химический состав руды следующий: 30,7 % Fe_{общ}, 43,8 % Fe₂O₃, 32,2 % SiO₂, 1,8 % NiO, 0,02 % P₂O₅, 0,07 % S, 0,03 % прочие.

Условия и результаты экспериментов приведены в таблице.

Установлена принципиальная возможность получения товарного ферроникеля из окисленных никелевых

Данные об экспериментах

Experimental data		
Эксперимент 1	Эксперимент 2	Эксперимент 3
<i>Моделируемый процесс</i>		
Плавка в первой зоне ПМ	Восстановление оксидов расплава во второй зоне ПМ	Получение ферроникеля в конвертере
<i>Материал</i>		
Буруктальская руда, 1,1 % Ni	Продукт (расплав) эксперимента 1	Продукт (чугун) эксперимента 2
<i>Печь</i>		
Сопротивления	Таммана	Индукционная
<i>Состав газа на продувку</i>		
50 % CO / 50 % CO ₂	80 % CO / 20 % CO ₂	95 % O ₂
<i>Состав продукта</i>		
22,8 % Fe / 1,09 % Ni	83,8 % Fe / 6,3 % Ni	86 % Fe / 12,7 % Ni

руд Южного Урала с применением печи жидкофазного восстановления барботажного типа. Следующим шагом для разработки технологии определена серия плавов на пилотной печи ПМ, разработки в центре ИМТ на руде месторождения Буруктальское для подтверждения работоспособности технологии в опытно-промышленных масштабах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рудные месторождения СССР. В 3-х т. / Под ред. акад. В.И. Смирнова. Изд. 2-е, перераб. и доп. Т. 1. – М.: Недра, 1978. – 399 с.
2. Киселев Е.А. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2014 г. – М.: ООО «Минерал-Инфо», 2015. – 315 с.
3. Chatterjee A. Hot metal production by smelting reduction oxide. – New-Dehli: India, 2010. – 240 p.
4. Crundwell F., Moats M., Ramachandran V., Robinson T., Davenport W. Extractive Metallurgy of Nickel, Cobalt and Platinum-Group Metals. – Elsevier, UK, 2011. – 610 p.
5. Nickel, Cobalt, and Their Alloys. Davis J.R. ed. – ASM International, USA, 2000. – 422 p.

Поступила в редакцию 14 мая 2019 г.
После доработки 26 мая 2019 г.
Принята к публикации 30 мая 2019 г.

INVESTIGATION OF PROCESSING TECHNOLOGY OF SOUTHERN URALS OXIDIZED NICKEL ORES FOR MARKETABLE FERRONICKEL PRODUCTION IN BUBBLE FURNACE

N.V. Shablya, N.A. Zaikin, G.S. Podgorodetskii

National University of Science and Technology “MISIS” (MISIS), Moscow, Russia

Abstract. Currently, the processing technologies of oxidized nickel ores are characterized by multistage and the use of expensive raw materials, which significantly affects the cost of the final product. The experience of Russian manufacturers, such as “Yuzhuralnickel” and PJSC

“Ufaleynickel”, has confirmed that the current technology does not allow to achieve economic efficiency under the circumstances. Basis of the technology of these enterprises was mine matte smelting at shaft furnace. Due to the high coke consumption (20 – 30 tons per 1 ton of Nickel), the cost of nickel produced in this case was so high that it made the technology economically inefficient in today’s market conditions. Nowadays, on the international market of ferronickel there is a downward trend in the share of high-grade nickel in nickel alloys consumption due to the increase in production of crude ferronickel and metallized forms with reduced nickel content. The solution of the problem can be the development of a new, more energy-efficient technology for oxidized nickel ores processing. The chair “Energy-Efficient and Resource-Saving Industrial Technologies” of NUST “MISIS” has developed an innovative technology of processing of complex ores and industrial waste in the furnace of bubbling type PM6 (Process MISIS–6). The paper presents a brief description of the technology and the experiments results of two-stage technology for the production of commercial ferronickel from oxidized nickel ores of the Southern Urals.

Keywords: bubbling process, PM, alloyed hot metal, ferronickel, desulphuration, dephosphorization, energy and resource saving technologies.

DOI: 10.17073/0368-0797-2019-6-494-496

REFERENCES

1. *Rudnye mestorozhdeniya SSSR* [Ore deposits of the USSR]. Smirnov V.I. ed. Moscow: Nedra, 1978, 399 p. (In Russ.).
2. Kiselev E.A. *Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii i ispol'zovanii mineral'no-syr'evykh resursov Rossiiskoi Federatsii v 2014 godu* [State report on the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2014]. Moscow: “Mineral-Info”, 2015, 315 p. (In Russ.).
3. Chatterjee A. *Hot Metal Production by Smelting Reduction Oxide*. New-Dehli, India, 2010, 240 p.
4. Crundwell F., Moats M., Ramachandran V., Robinson T., Davenport W. *Extractive Metallurgy of Nickel, Cobalt and Platinum-Group Metals*. Elsevier, UK, 2011, 610 p.
5. *Nickel, Cobalt, and Their Alloys*. Davis J.R. ed. ASM International, USA, 2000, 422 p.

Information about the authors:

N.V. Shablya, Postgraduate of the Chair “Energy-Efficient and Resource-Saving Industrial Technologies” (natasha9131@mail.ru)

N.A. Zaikin, Postgraduate of the Chair “Energy-Efficient and Resource-Saving Industrial Technologies” (heptor@mail.ru)

G.S. Podgorodetskii, Cand. Sci. (Eng.), Professor, Director of the Scientific and Educational Center “Innovative Metallurgical Technologies” (podgs@misiss.ru)

Received May 14, 2019

Revised May 26, 2019

Accepted May 30, 2019