

УДК 669.053

## ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОТИТАНИСТОГО ШЛАКА ИЗ ИЛЬМЕНИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА

*Акнурланулы М.<sup>1</sup>, магистрант (aknurlanuly@bk.ru)*

*Роцин В.Е.<sup>1</sup>, д.т.н., профессор, зав. кафедрой*

*«Пирометаллургические процессы» (roshchine@susu.ac.ru)*

*Гудим Ю.А.<sup>2</sup>, д.т.н., профессор, зам. директора (kontakt-ru@technologiya-metallor.com)*

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет

(454080, Россия, Челябинск, проспект Ленина, 76)

<sup>2</sup> ООО «Промышленная компания «Технология металлов»

(454106, Россия, Челябинск, ул. Косарева, 63)

**Аннотация.** Рассмотрены варианты пирометаллургической переработки ильменитовых концентратов с целью получения двух продуктов – первородного железа и высокотитанистого шлака. Представлены сравнительные оценки процессов жидко- и твердофазного восстановления.

**Ключевые слова:** ильменитовый концентрат, твердофазное восстановление, высокотитанистый шлак, разделительная плавка.

**DOI:** 10.17073/0368-0797-2015-11-857-859

Производство губчатого титана из ильменитового сырья осуществляется в три стадии: получение титанового шлака, хлорирование с целью получения тетрахлорида титана и восстановление титана из тетрахлорида титана магнием. В данной работе рассматривается одна из стадий – получение титанового шлака. Как известно, ильменит состоит из оксидов титана и железа. Хлорирование такого сырья без пирометаллургического обогащения нецелесообразно, поскольку железо является нежелательной примесью при хлорировании. Поэтому производится пирометаллургическое обогащение, в результате которого происходит восстановление железа. При этом получают два товарных продукта – богатый по содержанию титана шлак и попутный металл – первородное железо.

Целью данной работы является получение шлака с высоким содержанием оксида титана для дальнейшего производства титана.

Объектом исследования были ильменитовые концентраты в виде порошкообразного материала. Химический состав концентрата, % (по массе): 46,20 TiO<sub>2</sub>; 16,45 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 34,20 FeO; 0,42 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,89 SiO<sub>2</sub>; 0,015 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,24 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,058 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Для восстановления железа и перевода титана в шлаковую фазу использовали два варианта восстановительного процесса: жидкофазное и твердофазное.

Эксперименты проводили в печи Таммана с графитовым нагревателем по использовавшимся ранее методикам [1, 2]. Процесс восстановления в жидкой фазе проходил при температуре 1580 °С и выдержке 20 мин. Исходная шихта состояла из ильменитового концен-

трата, кокса и извести. Перемешанную шихту засыпали в графитовый тигель, расплавляли и проводили жидкофазный восстановительный процесс. При твердофазном восстановлении шихта была такой же, как и при жидкофазном восстановлении. Для более полного контакта материалов использовали мелкую фракцию. Шихту перемешивали и изготавливали на прессе цилиндрические брикеты. В качестве связующего использовали смесь жидкого стекла с водой в количестве 10 % массы шихты. Процесс твердофазного карботермического восстановления осуществляли при температуре 1250 °С и времени выдержки 90 мин.

Вид и химические составы фаз образцов после восстановления приведены на рис. 1 и в табл. 1.

Как видно на рис. 1, б, продукт твердофазного восстановления состоит из двух твердых фаз – металлической и шлаковой, которые необходимо разделить. Поэтому полученный твердофазным восстановлением материал подвергали жидкофазному разделению плавлением в графитовом тигле. Температура разделения фаз составила 1600 °С. В результате разделения получили металл и шлак, вид которых представлен на рис. 2.

Как видно, содержание железа в шлаковой фазе после разделения продуктов твердофазного восстановления (табл. 2) меньше, чем в шлаке при жидкофазном восстановлении. Это показывает, что при твердофазном восстановлении железо восстанавливается до более высокой степени, соответственно выход попутного металла больше и шлак в меньшей степени разбавляется оксидом железа.

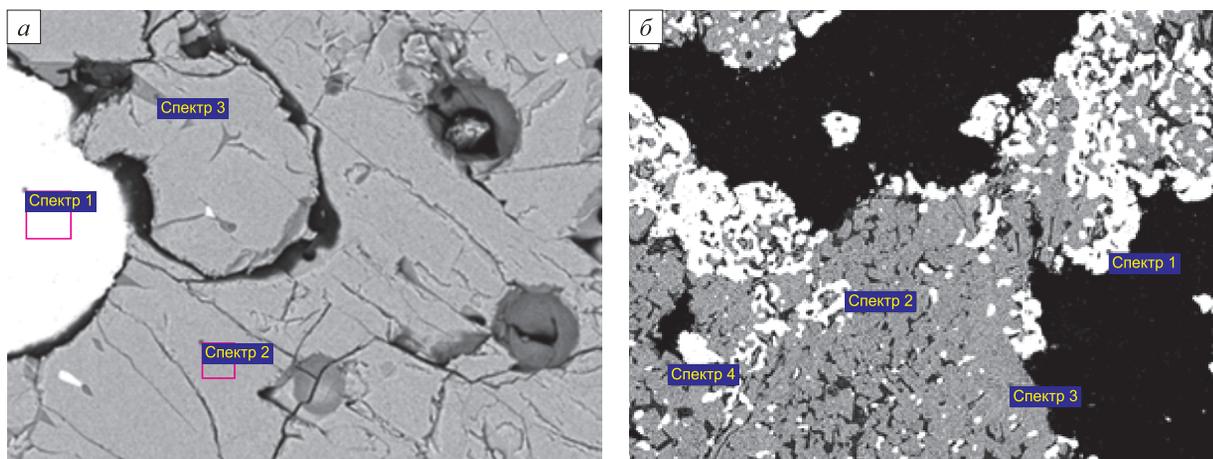


Рис. 1. Вид фаз продуктов восстановления:  
*a* – жидкофазного, *б* – твердофазного

Fig. 1. Type of reduction products:  
*a* – liquid phase, *б* – solid phase

Таблица 1

Содержание элементов, % (по массе) в точках анализа

Table 1. Elements content (wt.%) at points of analysis

	C	O	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Mn	Fe
Фазы на рис. 1, <i>a</i>									
Спектр 1	5,0	0	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	93,1
Спектр 2	0	41,8	0,7	1,2	0,1	0	47,3	0,7	8,2
Спектр 3	16,0	43,9	0,4	3,8	15,7	3,2	4,0	4,9	7,8
Фазы на рис. 1, <i>б</i>									
Спектр 1	0	0	0	0	0,1	0,1	0,4	0	99,4
Спектр 2	0	0	0,3	0	0,1	0,5	0,5	0	98,6
Спектр 3	0	41,0	1,5	0	0,1	0,4	56,0	0	0,6
Спектр 4	0	43,0	0,1	0	0,6	24,8	30,3	0	1,4

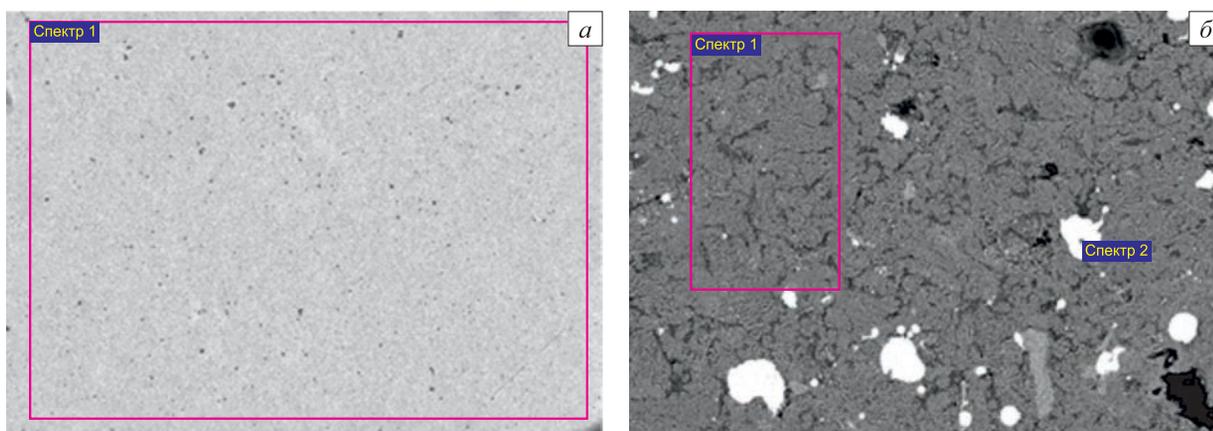


Рис. 2. Продукты жидкофазного разделения:  
*a* – металл, *б* – шлак

Fig. 2. Products of liquid phase separation:  
*a* – metal, *б* – slag

## Содержание элементов, % (по массе) в продуктах жидкофазного разделения

Table 2. Elements content (wt.%) in the products of liquid phase separation

	O	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Fe
Состав металла, рис. 2, а							
Спектр 1	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,5	98,8
Состав шлака и металла, рис. 2, б							
Спектр 1	41,0	0,7	0,5	2,4	13,7	41,2	0,6
Спектр 2	0,0	0,1	0,0	0,5	0,2	0,6	98,6

**Выводы.** Экспериментально подтверждена возможность твердофазного восстановления железа из ильменитового концентрата с получением высокотитанистого шлака. Полученный попутный металл может использоваться в качестве шихтового материала в сталеплавильном производстве. В шлаке твердофазного процесса меньше остатков оксида железа, чем при жидкофазном восстановлении. Такой шлак может применяться при дальнейшей переработке при производстве губчатого титана.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рошин В.Е., Рошин А.В. Селективное восстановление металлов в решетке комплексных оксидов // *Металлы*. 2013. № 2. С. 12 – 20.
2. Рошин В.Е., Рошин А.В. Физические основы селективного восстановления металлов в кристаллической решетке комплексных оксидов // *Изв. вуз. Черная металлургия*. 2013. № 5. С. 44 – 54.

Поступила 3 декабря 2014 г.

IZVESTIYA VUZov. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2015. Vol. 58. No. 11, pp. 857–859.

## PRODUCTION OF HIGH-TITANIUM SLAG FROM ILMENITE CONCENTRATE

*M. Aknurlanuly*<sup>1</sup>, MA student (aknurlanuly@bk.ru)  
*V.E. Roshchin*, Dr. Eng., Professor, Head of the Chair “Pyrometallurgical processes” (roshchine@susu.ac.ru)  
*Y.A. Gudim*<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Deputy Director (kontakt-ru@technologiya-metallov.com)

<sup>1</sup>South Ural State University (76, Lenina ave., Chelyabinsk, 454080, Russia)

<sup>2</sup>LLC Industrial company “Technology of metals” (63, room 486, Kosareva str., Chelyabinsk, 454018, Russia)

**Abstract.** The article describes the variants of the pyrometallurgical processing of ilmenite concentrates to produce two products - original iron and high-titanium slag. The authors made the comparative evaluation of liquid and solid-phase reduction processes.

**Keywords:** ilmenite concentrate, solid-phase reduction, high-titanium slag, isolation melting.

**DOI:** 10.17073/0368-0797-2015-11-857-859

## REFERENCES

1. Roshchin V.E., Roshchin A.V. Selective reduction of metals in the lattice of a complex oxide. *Russian Metallurgy (Metally)*. 2013, no. 3, pp. 169–175.
2. Roshchin V.E., Roshchin A.V. Metals selective reduction in complex oxides crystal lattice physical foundation. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2013, no. 5, pp. 44–54. (In Russ.).

Received December 3, 2014