

УДК 669.168:621.365.2

ПАРАМЕТРЫ СРАВНЕНИЯ ВЫПЛАВКИ УГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА В ПЕЧАХ ПЕРЕМЕННОГО И ПОСТОЯННОГО ТОКА

Шкирмонтов А.П.¹, к.т.н, главный редактор (aps-panor@yandex.ru)
Бишенов С.А.², аспирант (bishenovsa@gmail.com)

¹ ИД «Панорама»

(125040, Россия, Москва, Бумажный проезд, 14)

² Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

(119049, Россия, Москва, Ленинский пр., 4)

Аннотация. Одним из интересных технических решений считается разработка технологии выплавки ферросплавов на постоянном токе. В ферросплавных печах постоянного тока исключается такой параметр, как коэффициент мощности в электропечном контуре после преобразователя тока. Многие исследователи предполагали, что выплавка ферросплавов в печах, работающих на постоянном токе, позволит интенсифицировать процесс плавления шихты, улучшить извлечение ведущего элемента ферросплава и снизить удельный расход электроэнергии. Проведен краткий анализ сравнения выплавки углеродистого феррохрома в печах переменного и постоянного тока на основе комплексного параметра – энерготехнологического критерия работы ферросплавной электропечи. Показано, что при сопоставимой активной мощности в ванне энерготехнологический критерий печи переменного тока выше (0,2185 – 0,2381) по сравнению с энерготехнологическим критерием печей постоянного тока (0,1109 – 0,1320) при освоенном уровне технологии выплавки углеродистого феррохрома. Соответственно, в печах переменного тока удельный расход электроэнергии на выплавку углеродистого феррохрома на 20 – 28 % ниже, чем в печах постоянного тока.

Ключевые слова: ферросплавы, электропечь, постоянный ток, переменный ток, извлечение хрома, удельный расход электроэнергии, феррохром.

DOI: 10.17073/0368-0797-2020-2-163-165

В связи с распространением печей постоянного тока для выплавки углеродистого феррохрома [1 – 3] научно-практический интерес представляет сравнение работы таких печей и печей переменного тока традиционной конструкции. В работе [4] и ряде предыдущих работ для оценки эффективности выплавки ферросплавов предложен энерготехнологический критерий работы ферросплавной электропечи. Для выплавки углеродистого феррохрома такая комплексная величина имеет следующий вид:

$$Sh = K_{ит} \cos \varphi \eta_{эл} \eta_T \eta_{Cr},$$

где $K_{ит}$ – коэффициент загрузки трансформатора; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности печи; $\eta_{эл}$ – электрический КПД; η_T – тепловой КПД; η_{Cr} – извлечение хрома в сплав.

В работах [4, 5] получено, что повышение значения энерготехнологического критерия соответствует снижению удельного расхода электроэнергии на выплавку феррохрома и определяет эффективность работы печи.

Энерготехнологические параметры выплавки углеродистого феррохрома в печах постоянного и переменного тока приведены в таблице.

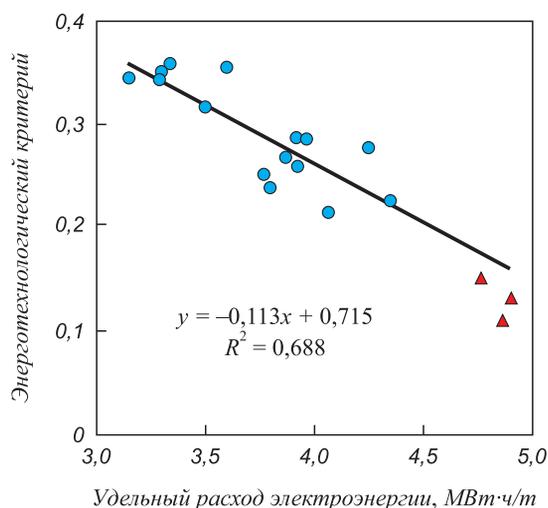
Расчитанная в соответствии с приведенным выражением зависимость энерготехнологического критерия выплавки феррохрома от удельного расхода электро-

энергии для постоянного и переменного тока приведена на рисунке. Химический состав феррохрома был следующий, % (по массе): 69 – 72 Cr, 8,0 – 8,3 C, 0,58 – 0,63 Si, 0,02 P. Открытая, длинная дуга в рудовосстановительном процессе с большим количеством отходящих газов приводит к снижению теплового КПД

Энерготехнологические параметры

Energy-technological parameters

Параметр	Значение параметра	
	Постоянный ток	Переменный ток
Мощность трансформаторов, МВ·А	110,0	81,0
Активная мощность печи, МВт	45,0	47,4
Количество электродов	1	3
Диаметр электродов, мм	750	1900
Извлечение хрома из руды	0,782	0,902
$\eta_{эл}$	0,988	0,931
η_T	0,351	0,445
Расход электроэнергии, кВт·ч/т	4865	4066
Sh	0,1109	0,2185



Изменение энерготехнологического критерия работы ферросплавной печи, работающей на переменном (●) и на постоянном (▲) токе, от удельного расхода электроэнергии при выплавке углеродистого феррохрома

Change in energy-technological criterion of alternating (●) and direct (▲) current ferroalloy furnace operation depending on specific energy consumption during carbon ferrochrome smelting

печи постоянного тока. Это увеличивает удельный расход электроэнергии. Получено, что энерготехнологический критерий работы ферросплавной печи для выплавки феррохрома на постоянном токе значительно ниже (0,1109 – 0,1320), чем на переменном токе (0,2185 – 0,2381) при освоенном уровне технологии. Соответственно, в печах переменного тока удельный расход электроэнергии на выплавку феррохрома на 20 – 28 % ниже, чем в печах постоянного тока [5]. Основным преимуществом процесса выплавки в печи постоянного тока является то, что можно использовать значительные запасы более дешевых хромовых руд

мелких (менее 6 мм) фракций, но такая технология переработки требует дополнительного совершенствования.

Выводы. Рассмотрена технология выплавки углеродистого феррохрома в печах переменного и постоянного тока сопоставимой используемой мощности с позиции энерготехнологического критерия работы ферросплавной электропечи. Показано, что при освоенном уровне технологии выплавки феррохрома печи переменного тока имеют более высокую величину энерготехнологического критерия и работают эффективнее, чем печи постоянного тока. Данное обстоятельство требует совершенствования технологии выплавки в печах постоянного тока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gelgenhuys I.J. Aspect of DC chromite smelting at Mintek – an overview. – In book: Proceedings of the Thirteenth International ferroalloys congress. INFACON XIII, Almaty, Kazakhstan, 9–13 June 2013. – Almaty, Kazakhstan: INFACON, 2013. P. 149 – 156.
2. Privalov O., Abdulabekov Ye., Nurmukhanbetov Zh., Kospanov M., Mussabekov Zh. Adjustment of high carbon ferrochrome composition in DC furnaces. – In book: Proceedings of the Thirteenth International ferroalloys congress. INFACON XIII, Almaty, Kazakhstan, 9–13 June 2013. – Almaty, Kazakhstan: INFACON, 2013. P. 109 – 114.
3. Sager D., Grant D., Stadler R., Schreiter T. Low cost ferroalloys extraction in DC-arc furnace at Middleburg Ferrochrome. – In book: Proceedings of the Twelfth International ferroalloys congress. INFACON XII, Helsinki, Finland, 6 – 9 June 2010. – Helsinki, Finland: INFACON, 2010. P. 803 – 814.
4. Шкирмонтов А.П. Энерготехнологический критерий работы ферросплавной печи при выплавке углеродистого феррохрома // Электromеталлургия. 2017. № 11. С. 32 – 38.
5. Шкирмонтов А.П. Энерготехнологические параметры выплавки ферросплавов в электропечах. – М.: Изд. дом НИТУ «МИСиС», 2018. – 216 с.

Поступила в редакцию 29 января 2019 г.

После доработки 13 декабря 2019 г.

Принята к публикации 24 января 2020 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2020. VOL. 63. NO. 2, PP. 163–165.

COMPARISON PARAMETERS FOR CARBON FERROCHROME SMELTING IN AC AND DC FURNACES

A.P. Shkirmontov¹, S.A. Bishenov²

¹ Publishing House “Panorama”, Moscow, Russia

² National University of Science and Technology “MISIS” (MISIS), Moscow, Russia

Abstract. One of the interesting technical solutions is technology of ferroalloys smelting using direct current (DC). In DC ferroalloy furnaces, apparently, it is possible to eliminate such a parameter as power factor in furnace circuit after current converter. Many researchers assume that melting at direct current allows intensification of the process of charge melting, increases reduction of leading elements of ferroalloy and reduces specific consumption of electricity. In this paper, brief analysis of carbon ferrochromium smelting in alternating current (AC) and in direct current (DC) furnaces is made based on energotechnological criterion of ferroalloy electric furnace performance. It is shown

that with comparable active capacity in bath, AC furnaces have higher energotechnological criteria (0.2185 – 0.2381), compared to DC furnaces (0.1109 – 0.1320), at current level of technology used for carbonaceous ferrochrome smelting. Thus, in AC furnaces, specific electric power consumption in ferrochrome smelting is lower than in DC furnaces by 20 – 28 %.

Keywords: ferroalloys, electric furnace, direct current, alternating current, extraction of chromium, specific electricity consumption, ferrochrome.

DOI: 10.17073/0368-0797-2020-2-163-165

REFERENCES

1. Gelgenhuys I.J. Aspect of DC chromite smelting at Mintek – an overview. In: *Proc. of the 13th Int. Ferroalloys Congress. INFACON*

- XIII, Almaty, Kazakhstan, 9–13 June 2013*. Almaty, Kazakhstan: INFACON, 2013, pp. 149–156.
2. Privalov O., Abdulabekov Ye., Nurmukhanbetov Zh., Kospanov M., Mussabekov Zh. Adjustment of high carbon ferrochrome composition in DC furnaces. In: *Proc. of the 13th Int. Ferroalloys Congress. INFACON XIII, Almaty, Kazakhstan, 9–13 June 2013*. Almaty, Kazakhstan: INFACON, 2013, pp. 109–114.
 3. Sager D., Grant D., Stadler R., Schreiter T. Low cost ferroalloys extraction in DC-arc furnace at Middleburg Ferrochrome. In: *Proc. of the 12th Int. Ferroalloys Congress. INFACON XII, Helsinki, Finland, 6–9 June 2010*. Helsinki, Finland: INFACON, 2010, pp. 803–814.
 4. Shkirmontov A.P. Energy-technological criterion of ferroalloy furnace operation at carbon ferrochrome smelting. *Elektrometallurgiya*. 2017, no. 11, pp. 32–38. (In Russ.).
 5. Shkirmontov A.P. *Energotekhnologicheskie parametry vyplavki ferrosplavov v elektropetchakh* [Energy-technological parameters of ferroalloys smelting in electric furnaces]. Moscow: ID MISiS, 2018, 216 p. (In Russ.).

Information about the authors:

A.P. Shkirmontov, *Cand. Sci. (Eng.), Chief Editor*
(aps-panor@yandex.ru)

S.A. Bishenov, *Postgraduate* (bishenovsa@gmail.com)

Received January 29, 2019

Revised December 13, 2019

Accepted January 24, 2020