

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 1 (2023)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано
Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/UAET1531>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

***P. S. Varbanov**

Brno University of Technology, Czech Republic, Brno

* e-mail: varbanov@fme.vutbr.cz

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON THE ELECTRICAL RESISTIVITY OF THE CHARGE DURING FERROSILICON ALUMINIUM SMELTING

This paper presents the results of a study on the change in the electrical resistivity of charge mixtures for smelting ferrosilicon aluminum and the possibility of using iron sands in the composition of the charge. Traditionally, iron shavings, a by-product of metal cutting, are a part of the charge mixture for producing ferrosilicon aluminium. In this paper, two charges were selected for comparison. The first charge was a mixture of high-ash coal, quartzite and iron shavings. The second charge was a mixture of high ash coal, quartzite and iron sand. The task set in this study was to compare the resistivity of the components of the experimental mixture consisting of high-ash coal, quartzite and iron shavings and the possibility of obtaining ferrosilicon aluminium from the mixture based on iron shavings. The results of the research have shown the possibility of replacing steel chips with metallized iron ore sinter, which can significantly reduce the consumption of scarce steel chips in the ferroalloy industry. Iron-ore sands, in turn, are an anthropogenic waste of alumina production. Thus, their involvement in processing can also partially solve the environmental problems of Pavlodar region.

Keywords: ferroalloy, electrical resistivity, steel shavings, ash, high ash coal.

Introduction

The operation of ferroalloy furnaces depends to a large extent on the immersion depth of the electrodes in the charge [1], which improves the technical and economic performance of the processes. At high sitting electrodes the melting zone moves upwards that sharply worsens a course of process: thermal losses with head gases increase, maintenance of the overheated grate becomes difficult, the temperature of the furnace increases that creates additional difficulties at release of metal and slag, extraction of the basic elements reduces because of the raised flight. At a constant secondary voltage, the depth of immersion of electrodes depends on the total resistance of the furnace bath, which in turn depends on the nature of the ores used, the type of their preparation (sintering, pelletising, briquetting) [2], the fractional composition of the materials and the type of reducing agents.

The method of charge materials preparation, the type of pelletised materials, is reflected in the electrical resistance of the charge [3, 4]. The electrical resistance of the charge, when non-isothermal heating to high temperatures, largely depends on the

chemical and mineralogical composition of the charge, as well as on the processes of phase transformations in the sample [5].

The efficiency of the furnace depends on the working resistance of the furnace, which also depends on the resistivity of the furnace charge [6]. As a result, it is necessary to conduct research on the electrical resistance of pellet charge materials. The study of the electrical resistance of charge materials and charges was carried out by the method described in the work of Zhuchkov V. I., which allows determining the electrical resistance of materials and charges at temperatures up to 1800 °C in the bulk layer while recording the degree of their softening (shrinkage). At present, this method is used by many researchers to determine the electrical resistivity of materials and charges [7, 8].

Comparative studies on the variation of resistivity of charge mixtures for the melting of ferrosilicon aluminium were carried out. The electrical resistivity of selected components and the whole charge mixture was measured during the experiment. All factors affecting the charge resistance were monitored: temperature, aggregate state, and degree of reduction of materials. In order to explain the reasons for changes in electrical resistance, the volume of materials was monitored continuously.

When measuring the electrical resistance of the charge materials, the fractional composition of the charge materials was selected in proportion to the coarseness of the components of the charge materials used in the production conditions, the limits of which were reduced by an order of magnitude.

Materials and methods

The charge materials used were high-ash coal from the Molodezhny Coal Mine (Borly UD), and quartzite was used as charge materials. The difference between the experimental and comparative charge consisted in the use of metallized agglomerate from iron sands in the first case, and in the composition of the comparative mixture traditionally used steel chips. High ash coal in 1-5 mm fractions had the following technical composition: ash content – 56.8 %; volatile components – 17.2 %, humidity – 1.0 %. Ashes were composed of 58.9 % silica and 37.2 % aluminium oxide. The pilot charge mixture consisted of 67.8 % high ash coal, 12.3 % metallised agglomerate and 19.8 % quartzite.

The measurements were carried out on a pilot laboratory setup with the possibility of conducting experiments in the temperature range 22–1600 °C according to the method [3]. The measurements were carried out at DC voltage equal to 5 V with fixing of current values depending on temperature.

Results and discussions

The results of comparative studies in the form of resistivity and conductivity vs. temperature are shown in Figures 1 and 2. The plots are presented for the temperature interval 850–1200 °C, which is typical for the upper layers of the charge during melting of ferrosilicon aluminium.

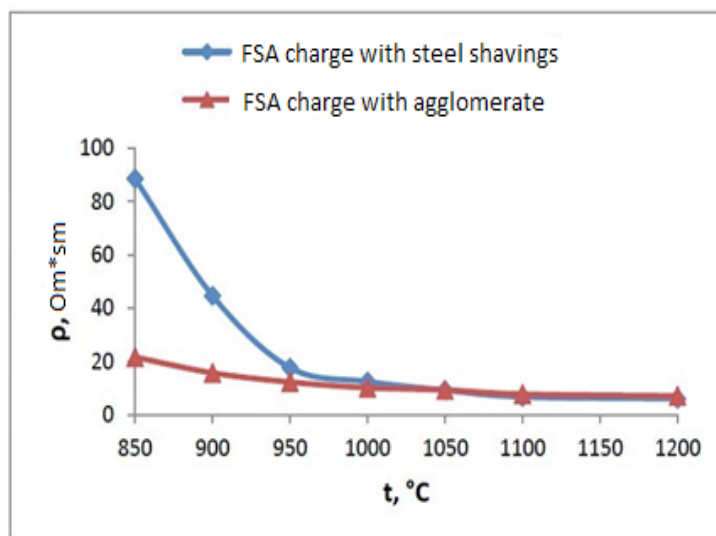


Figure 1 – Temperature dependence of electrical resistivity of comparative and experimental charge mixtures for melting ferrosilicon aluminium

As can be seen from the results of measurements at temperatures up to 950 °C the electrical resistance of experimental charge with sinter is slightly lower than that of traditional charge with steel chips. This is explained by the fact that the composition of metallized sinter contains small amounts of sintered relatively fusible mixtures containing iron compounds, in particular fayalite (Fe_2SiO_4).

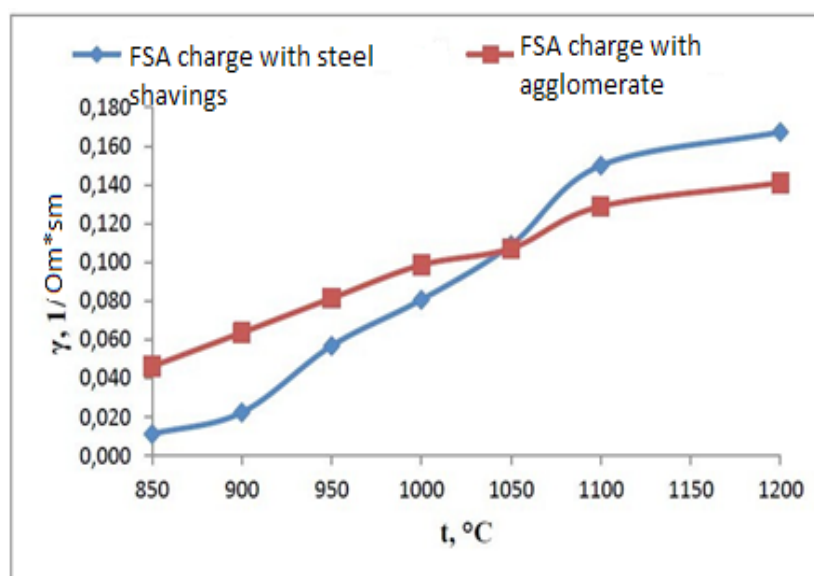


Figure 2 – Temperature dependence of specific conductivity of comparative and experimental charge mixtures for smelting ferrosilicon aluminium

Further after reduction of iron at temperatures above 1000 °C the electrical resistivity of comparative and experimental charge mixtures equalizes. This shows the principal possibility of replacing steel chips with metallized iron sinter, which can significantly reduce the consumption of scarce steel chips in the ferroalloy industry.

The presence of iron sands [4] up to 15–25 % in total oxides of silicon and aluminium in the sinter obtained from waste alumina production [9, 10, 11] will not have a significant negative impact in the smelting of FA, as they are the main components of the charge.

Conclusions

It should be noted that steel chips contain 1.5–2.5 % of manganese, chromium and non-ferrous metals which will be completely transferred to the melted FSA. In the pilot agglomerate there are practically no impurities of these elements, so the melted ferrosilicon aluminium will be pure for these impurities.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Dhainaut, M.** Simulation of the electric field in a submerged arc furnace // Proceedings of the Tenth International Ferroalloy Congress. – 2004. – P. 605–613.

2 **Tangstad, M., Leroy, D., Ringdalen, E.** Behavior of agglomerates in ferromanganese production // The Twelfth International Ferroalloys Congress Sustainable Future 2010. – P. 457–466.

3 **Жучков, В. И., Розенберг, В. Л., Зельберг, Б. И.** Энергетические параметры и конструкции рудовосстановительных электропечей. – Челябинск : Металл, 1994. – 192 с.

4 **Miyauchi, Y., Nischi, T., Saito, K., Kizu, Y.** Improvement of High Temperature Electric Characteristics of Manganese ores, INFACON X, South Africa, 2004, P. 155–162.

5 **Mukhambetgaliyev, Y. E.** Research of electrical resistance and temperature of the beginning of softening of charge mixtures for smelting a complex alloy, Metalurgija, 2022, 61(3-4), P. 781–784.

6 **Magnussen, T. E.** Basic parameters in the operation and design of submerged arc furnaces, with particular reference to production of high-silicon alloys. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. – 2018 – 118(6). – 631–636. – <https://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/2018/v118n6a11>.

7 **Николайшвили, Г. У., Кекелидзе, М. А.** Электрическое сопротивление и теплопроводность шихт углеродистого ферромарганца и силикомарганца // Сб. науч. тр. «Производство и применение марганцевых ферросплавов». – Тбилиси, 1986. – С. 37–46.

8 **Нурмуханбетов, Ж. У., Ким, В. А., Толымбеков, М. Ж.** Электрическое сопротивление углеродистых восстановителей Ж. У. Нурмуханбетов, // Новости науки Казахстана. – 2005. – № 2. – С. 35–40.

9 **Розен, Я. Б., Синельщикова, Н. В.** Переработка отходов глиноземного производства. – М. : ЦНИИ цветмет экономики и информации, 1981. – 49 с.

10 Переработка шламовых и твердых отходов производства глинозема и алюминия / В. Г. Тесля, В. А. Тесля, С. И. Утков и др. // Цветные металлы. – 1997. – № 4. – С. 87–88.

11 **Утков, В. А., Пацей, А. В., Шморгуненко, Н. С.** Переработка бокситовых красных шламов // ЦНИИЦВЕТМЕТ экономики и информации. – № 6. – 1988. – 38 с.

REFERENCES

1 **Dhainaut, M.** Simulation of the electric field in a submerged arc furnace // Proceedings of the Tenth International Ferroalloy Congress. – 2004. – P. 605–613.

2 **Tangstad, M., Leroy, D., Ringdalen, E.** Behavior of agglomerates in ferromanganese production // The Twelfth International Ferroalloys Congress Sustainable Future. – 2010. – P. 457–466.

3 **Zhuchkov, V. I., Rozenberg, V. L., Zelberg, B. I.** Energeticheskie parametry i konstrukcii rudovosstanovitelnykh elektropечи [Energy parameters and designs of ore-recovery electric furnaces] – Chelyabinsk : Metal, 1994. – 192 с.

4 **Miyauchi, Y., Nischi, T., Saito, K., Kizu, Y.** Improvement of High Temperature Electric Characteristics of Manganese ores, INFACON X, South Africa, 2004. – P. 155–162.

5 **Mukhambetgaliyev, Y. E.** Research of electrical resistance and temperature of the beginning of softening of charge mixtures for smelting a complex alloy, Metalurgija, 2022. – 61 (3–4). – P. 781–784.

6 **Magnussen, T. E.** Basic parameters in the operation and design of submerged arc furnaces, with particular reference to production of high-silicon alloys. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. – 2018. – 118(6). – 631–636. <https://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/2018/v118n6a11>

7 **Nikolaishvili, G. U., Kekelidze, M. A.** Elektricheskoe soprotivlenie i teploprovodnost shikht uglerodistogo ferromargantca i silikomargantca [Electrical resistance and thermal conductivity of carbon ferromanganese and silicomanganese charge] // Collection of scientific papers. «Production and application of manganese ferroalloys». – Tbilisi, 1986. – P. 37–46.

8 **Nurmukhanbetov, Zh. U., Kim, V. A., Tolymbekov, M. Zh.** Elektricheskoe soprotivlenie uglerodistykh vosstanovitelei [Electrical resistance of carbonaceous reducing agents, J. U. Nurmukhanbetov] // Science News of Kazakhstan. – 2005. – № 2. – P. 35–40.

9 **Rozen, Ia. B., Sinelytcikova, N. V.** Pererabotka otkhodov glinozemnogo proizvodstva [Processing of Waste Alumina Production] - Moscow : Central Research Institute of Non-Ferrous Metals Economics and Information. 1981. – 49 p.

10 Pererabotka shlamovykh i tverdyykh otkhodov proizvodstva glinozema i aliuminiia [Processing of sludge and solid wastes of alumina and aluminum production] / V. G. Teslya, V. A. Teslya, S. I. Utkov et al. (in Russian) // Non-ferrous Metals. – 1997. – № 4. – P. 87–88.

11 Utkov, V. A., Patcei, A. V., Shmorgunenko, N. S. Pererabotka boksitovykh krasnykh shlamov [Processing of bauxite red sludge] // CNIIZVETSMET economics and information – № 6. – 1988. – 38 p.

Material received on 06.02.23.

**П. С. Варбанов*

Брно технологиялық университеті, Чех Республикасы, Брно қ.
Материал 06.02.23 баспаға түсті.

ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЙДІ БАЛҚЫТУ КЕЗІНДЕ ШИХТАНЫҢ МЕНШІКТІ ЭЛЕКТР КЕДЕРГІСІНЕ ӘРТҮРЛІ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Бұл мақалада ферросиликоалюминийді балқытуға арналған шихта қоспаларының меншікті электр кедергісінің өзгеруін және шихта, құрамында темірлі бар құмдарды қолдану мүмкіндігін зерттеу бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Дәстүрлі әдіспен ферросиликоалюминий алу үшін шихтаның құрамына темір жоңқалары, металды кесіп-жонып өңдеудің жанама өнімі кіреді. Бұл жұмыста салыстыру үшін екі өлшенді таңдалды. Бірінші жоғары күлді көмір, кварцит және темір жоңқаларының қоспасы болды. Екінші өлшенді-күлі жоғары көмір, кварцит және құрамында темірі бар құмдардың қоспасы. Бұл зерттеуде қойылған міндет тапшы темір жоңқаларын алмастыру ретінде ұсынылған күлі жоғары көмірден, кварциттен және құрамында темірі бар құмдарынан тұратын шихтаның эксперименттік құрамындағы компоненттердің меншікті кедергісін және құрамында темірі бар құмдарына негізделген шихтадан ферросиликоалюминий алу мүмкіндігін салыстыру болды. Зерттеу нәтижелері болат жоңқаларын металдандырылған темір рудалы агломератқа ауыстырудың негізгі мүмкіндігін көрсетті, бұл ферроқорытпа өнеркәсібінде тапшы болат жоңқаларын тұтыруды айтарлықтай төмендетуі мүмкін. Құрамында темірі бар құмдар, өз кезегінде, алюминий тотығын өндірудің техногендік қалдықтары болып табылады. Осылайша, оларды қайта өңдеуге тарту Павлодар өңірінің экологиялық проблемаларын да ішінара шеше алады.

Кілтті сөздер: ферроқорытпа, электр кедергісі, болат жоңқалары, күл, құрамында күлі жоғары көмір.

***П. С. Варбанов**

Технологического университета Брно, г. Брно, Чешская Республика
Материал поступил в редакцию 06.02.23.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ШИХТЫ ПРИ ВЫПЛАВКЕ ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЯ

В данной статье приводятся результаты исследования по изучению изменения удельного электрического сопротивления шихтовых смесей для выплавки ферросиликоалюминия и возможности применения в составе шихты, железистых песков. Традиционно в состав шихты для получения ферросиликоалюминия входит железная стружка, побочный продукт обработки металла резанием. В данной работе для сравнения были выбраны две навески шихты. Первая навеска представляла собой смесь высокозольного угля, кварцита и железной стружки. Вторая навеска - смесь высокозольного угля, кварцита и железистых песков. Задача, поставленная в данном исследовании, заключалась в сравнении удельного сопротивления компонентов экспериментального состава шихты состоящей из высокозольного угля, кварцита и железистых песков предложенных в качестве замены дефицитной железной стружки, и возможности получения ферросиликоалюминия из шихты на основе железистых песков. Результаты исследований показали принципиальную возможность замены стальной стружки на металлизированный железорудный агломерат, что может существенно снизить потребление дефицитной стальной стружки в ферросплавной отрасли. Железистые пески в свою очередь, являются техногенным отходом производства глинозема. Таким образом, вовлечение их в переработку может также частично решить и экологические проблемы Павлодарского региона.

Ключевые слова: ферросплав, удельное электрическое сопротивление, стальная стружка, зола, высокозольный уголь.

Теруге 06.02.23 ж. жіберілді. Басуға 30.03.23 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 1,09 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 3998

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz