Таблица 1 –Средний химический состав сплавов АХС.

Table 1 - Average chemical compositions of ACS alloys.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № способа | Al | Si | Cr | Fe | C | P |
| 1 | 13,6% | 47,4% | 23,2% | 12,7% | 0,7% | 0,04% |
| 2 | 4,5% | 31% | 41,2% | 20% | 1,3% | 0,16% |

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\Alexey\Desktop\12 копия.jpg | C:\Users\Alexey\Desktop\Окатыши.jpg |
| *а)* | *б)* |

высокозольный Борлинский уголь (*а*); окатыши хромовой руды (*б*).

Рисунок 1–Шихтовые материалы для выплавки АХС

Figure 1 - Charge materials for the smelting of ACS

Таблица 2 – Коэффициенты распределения элементов между продуктами плавки

Table 2 - Coefficients of distribution of elements between fusion products

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Продукты плавки | Элемент | | | | | | |
| Si | Al | Fe | Ca | Mg | P | Cr |
| Сплав | 70 | 60 | 97 | 2 | 0,3 | 60 | 90 |
| Улёт | 30 | 40 | 3 | 98 | 99,7 | 40 | 10 |

|  |  |
| --- | --- |
| C:\ЕРЕКЕ\Крупнолабораторные испытания\Выплавка алюмосиликохрома\Фотки\Изображение 012.jpg  а) | C:\ЕРЕКЕ\Крупнолабораторные испытания\Выплавка алюмосиликохрома\Фотки\Изображение 016.jpg  б) |
| E:\ЕРЕКЕ\Крупнолабораторные испытания\Выплавка алюмосиликохрома\Фотки\Изображение 027.jpg  в) |

Рисунок 2 – Общий вид однофазной руднотермической печи (а), состояния колошника (б) и слиток сплава АХС полученный бесшлаковым способом (в)

Figure 2 - General view of the single-phase ore-thermal furnace (a), the state of the top (b) and the ingot of the alloy AXS obtained by the slag-free method (c)

Таблица 3 – Химический состав сплава алюминий-хром-кремний, полученный одностадийным бесшлаковым способом

Table 3 - Chemical composition of the aluminum-chromium-silicon alloy obtained by a single-step slag-free process

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  выпуска | Содержание компонентов масс.% | | | | | | Вес металла, кг |
| Al | Si | Fe | Cr | C | P |
| 1 | 7,09 | 21,97 | 20,14 | 42,17 | 0,54 | 0,037 | 2,6 |
| 2 | 8,01 | 21,48 | 19,27 | 47,2 | 0,61 | 0,034 | 8,4 |
| 3 | 9,32 | 24,09 | 17 | 44,73 | 0,42 | 0,039 | 9 |
| 4 | 9,7 | 26,69 | 16,03 | 46,06 | 0,85 | 0,032 | 6,2 |
| 5 | 9,98 | 26,53 | 16,68 | 40,86 | 0,81 | 0,029 | 2,5 |
| 6 | 8,89 | 27,26 | 17,32 | 45,45 | 0,82 | 0,022 | 7,1 |
| 7 | 11,61 | 30,24 | 10,39 | 40,77 | 0,54 | 0,037 | 13,3 |
| 8 | 9,81 | 28,06 | 23,83 | 31,41 | 1,04 | 0,031 | 9,6 |
| 9 | 9,32 | 28,7 | 18,7 | 33,77 | 0,63 | 0,022 | 3,7 |
| 10 | 9,1 | 26,88 | 16,88 | 39,2 | 0,72 | 0,03 | 6,1 |
| 11 | 9,54 | 31,96 | 17,77 | 37,75 | 0,35 | 0,026 | 13,3 |
| 12 | 9,98 | 27,9 | 15,6 | 41,49 | 0,72 | 0,032 | 2,9 |
| 13 | 6,49 | 31,96 | 18,52 | 43,82 | 0,65 | 0,025 | 4,55 |
| 14 | 5,94 | 28,53 | 17,53 | 45,6 | 0,59 | 0,031 | 7,3 |
| 15 | 8,07 | 30,96 | 22,76 | 39,26 | 0,75 | 0,028 | 7,6 |
| 16 | 6,38 | 15,22 | 19,23 | 37,37 | 0,65 | 0,039 | 4,4 |
| 17 | 4,96 | 27,68 | 22,97 | 37,41 | 0,6 | 0,043 | 9,6 |
| 18 | 4,23 | 24,89 | 25,68 | 39,71 | 0,43 | 0,045 | 10,1 |
| 19 | 5,62 | 27,23 | 24,81 | 39,52 | 0,4 | 0,046 | 6,1 |
| 20 | 6,74 | 26,32 | 36,34 | 30,52 | 0,52 | 0,049 | 1,5 |
| 21 | 6,87 | 24,77 | 23,03 | 39,71 | 0,56 | 0,05 | 3,5 |
| 22 | 6,06 | 22,63 | 18,86 | 44,32 | 0,71 | 0,069 | 9,2 |

Библиографический список

1. Leont'ev L.I., Grigorovich K.V., Kostina M.V. The development of new metallurgical materials and technologies. Part 1 // Steel in Translation. 2016. Т. 46. № 1. P. 6-15.

2. Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В. Современная технология производства стали. М. Теплотехник, 2007. – 528 с.

3. Рябчиков И.В., Панов А.Г., Корниенко А.Э. Модификаторы для обработки стали // Сб. докладов Литейного консилиума № 2 «Теория и практика металлургических процессов при производстве отливок из чёрных сплавов». Челябинск: Челябинский дом, 2007. С. 84

4. Гудим Ю.А., Шумаков A.M., Пчелкин М.С., Чернышев Е.Я. Экономия рафинированного феррохрома при выплавке нержавеющей стали // Хромистые ферросплавы: Науч. тр. НИИМ, М.: Металлургия, 1986. С. 102- 106.

5. Медведев, Г.В. Полупромышленные опытные плавки сплава АХС (алюминий-хром-кремний) из бедной хромовой руды и экибастузского угля. – Алма-Ата, 1969. –143 с.

6. Шохин В.Н., Лопатин А.Г. Гравитационные методы обогащения. М.: Недра, 1993. – 293 с.

7. Рузинов Л.П., Гуляницкий Б.С. Равновесные превращения металлургических реакций. –М.: Металлургия, 1975. – 416 с.

8. Жалимбетов М.К., Жарылкасын Ж., Сраубаев Е.Н., Исмаилова А.А.Гигиеническая оценка трудовой деятельности работников, занятых открытой добычей и обогащением хромовой руды // Медицина труда и промышленная экология. – 2008. – №2 – С. 11-13.

9. Шабанов Е.Ж., Байсанов С.О., Исагулов А.З., Байсанов А.С., Чекимбаев А.Ф. Получение комплексного сплава алюмосиликохрома бесшлаковым способом // Металлы. – 2015. –№3 – С. 11-14.

10. Толымбеков М.Ж., Байсанов С.О., Мусина И.Б., Избембетов Ж.Ж., Акуов А.М., Осипова Л.В. Разработка технологии выплавки комплексного сплава АХС (алюминий-хром-кремний) // Теория и практика ферросплавного производства: Сб. науч. тр. межд. конф. посв. 50-летию ОАО «Серовский завод ферросплавов». – Нижний Тагил, 2008. – С. 122-129.

11. Лякишев Н.П., Гасик М.И., Дашевский В.Я. Металлургия ферросплавов, часть 1. - М.: Изд-во «Учеба». 2006. - 117 с.

12. Ахметов А.Б, Юдакова В.А. О физико-химических основах процессов раскисления и модифицирования стали комплексными сплавами // Труды университета.КарГТУ. – 2015 . №1(58) – С. 53-56

13. Akimov E.N., Senin A.V., Roshchin V.E.Activity of components in the Al2O3-CaO system // Steel in Translation. 2013. Т. 43. № 2. P. 39-41.

14. Лякишев Н.П., Гасик М.И. Металлургия хрома. М.: ЭЛИЗ, 1999. –582с.

15. Акуов А.М., Толымбеков М.Ж., Избембетов Д.Д., Алмагамбетов М.С. Исследование возможности применения алюмосиликохрома в процессе металлотермии рафинированного феррохрома // Электрометаллургия, М.: Наука и технологии. – 2012. –№2 –С. 14-18.

16. Baisanov S., Shabanov Ye., Baisanov A., Issagulov A., Laurent Ch. Diagram of Phase Structure of Metallic System in Liquid State // Proceedings of the Fourteenth Ferroalloys Congress INFACON XIV. – 2015. P. 540-547.

17. Mekhtiev A., Shabanov Ye., Issagulov A., Baissanov A., Issagulova D. Development of Technology of Complex Aluminum-Silicon-Chrome Alloy with Utilization of Offgrade Raw Materials // Journal for Theory and practice in Metallurgy. Metalurgija. 2014. №5. Р. 110-114.

18. Dawson, N. F.; Edwards, R. I. Factors affecting the reduction of chromite // P 4 Int. Ferr. C SAO. –1986. P. 105-113

19. Duong H.V., Johnston R.F. Kinetics of solid state silica fluxed reduction of chromite with coal. Ironmaking & Steelmaking.2000. №. 27. P. 202-206.

20. Chakraborty D., Ranganathan, S., Sinha S.N. Investigations on the carbothermic reduction of chromite ores. Metallurgy and materials processing science.2005. №. 27. P. 437-444.

REFERENCES

1. Leont'ev L.I., Grigorovich K.V., Kostina M.V. The development of new metallurgical materials and technologies. Part. 1 // Steel in Translation. 2016, Vol. 46. no. 1, pp. 6-15.

2. Dyudkin D.A., Kisilenko V.V. *Sovremennaya tekhnologiya proizvodstva stali* [Modern technology of steel production]. Moscow: Teplotekhnik, 2007, 528 p. (In Russ.).

3. Ryabchikov I.V., Panov A.G., Kornienko A.E. Modifiers for steel processing. In.: *Teoriya i praktika metallurgicheskikh protsessov pri proizvodstve otlivok iz chernykh splavov. Sb. dokladov Liteinogo konsiliuma № 2, 2007,*  *Chelyabinsk* [Theory and practice of metallurgical processes in the production of castings from black alloys. Collection of reports of the Foundry Council no. 2 on 2007, Chelyabinsk]. Chelyabinsk. izd. Chelyabinskii dom, 2007, pp. 84. (In Russ.).

4. Gudim Yu.A., Shumakov A.M., Pchelkin M.S., Chernyshev E.Ya. The economy of refined ferrochrome in stainless steel smelting. In.: // *Khromistye ferrosplavy*. *Nauchnye trudy NIIM*, 2007 *Moskva* [Chrome Ferroalloys. Scientific works of NIIM on 2007, Moscow] Moskva: Metallurgiya, 1986, pp. 102-106.

5. Medvedev G.V. *Polupromyshlennye opytnye plavki splava AKhS (alyuminii-khrom-kremnii) iz bednoi khromovoi rudy i ekibastuzskogo uglya*. [Semi-industrial experimental melting of alloy AXS (aluminum-chromium-silicon) from poor chrome ore and Ekibastuz coal]. Alma-Ata, 1969, 143 p. (In Russ.).

6. Shokhin V.N., Lopatin A.G. *Gravitatsionnye metody obogashcheniya* [Gravitational Enrichment Methods]. Moscow: Nedra, 1993, 293 p. (In Russ.).

7. Ruzinov L.P., Gulyanitskii B.S. *Ravnovesnye prevrashcheniya metallurgicheskikh reaktsii* [Equilibrium transformations of metallurgical reactions]. Moscow: Metallurgiya, 1975, 416 p. (In Russ.).

8. Zhalimbetov M.K., Zharylkasyn Zh., Sraubaev E.N., Ismailova A.A. Hygienic assessment of labor activity of workers engaged in open-cast mining and enrichment of chrome ore. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2008, no. 2, pp. 11-13. (In Russ.).

9. Shabanov E.Zh., Baisanov S.O., Isagulov A.Z., Baisanov A.S., Chekimbaev A.F. Production of a complex alloy of aluminosilicochrome by a slag-free method. Metally. 2015. no. 3, pp. 11-14. (In Russ.).

10. Tolymbekov M.Zh., Baisanov S.O., Musina I.B., Izbembetov Zh.Zh., Akuov A.M., Osipova L.V. Development of the technology of melting of the complex alloy AXS (aluminum-chromium-silicon). In.: *Teoriya i praktika ferrosplavnogo proizvodstva. Sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoi konferentsii posvyashchennoi 50-letiyu OAO «Serovskii zavod ferrosplavov» 2008, Nizhnii Tagil* [Theory and practice of ferroalloy production. Collection of scientific works of the international conference devoted to the 50th anniversary of OJSC "Serov Ferroalloy Plant" on 2008, Nizhnii Tagil]. Nizhnii Tagil, 2008, pp. 122-129 (In Russ.).

11. Lyakishev N. P., Gasik M. I., Dashevskii V. Ya. *Metallurgiya ferrosplavov* [Metallurgy of ferroalloys]. Moscow.: “Ucheba”, 2006, 117 p. (In Russ.).

12. Akhmetov A.B, Yudakova V.A. On the physico-chemical basis of the deoxidation and modification processes of steel as complex alloys. *Trudy universiteta. KarGTU*. 2015, no. 1(58), pp. 53-56. (In Russ.).

13. Akimov E.N., Senin A.V., Roshchin V.E. Activity of components in the Al2O3-CaO system // Steel in Translation. 2013. Vol. 43, no. 2, pp. 39-41.

14. Lyakishev N.P., Gasik M.I. *Metallurgiya khroma* [Metallurgy of chromium]. Moscow.: ELIZ, 1999, 582 p. (In Russ.).

15. Akuov A.M., Tolymbekov M.Zh., Izbembetov D.D., Almagambetov M.S. Investigation of the possibility of using aluminosilicochrome in the process of metallothermy of refined ferrochromium. *Elektrometallurgiya*, 2012, no. 2, pp. 14-18. (In Russ.).

16. Baisanov S., Shabanov Ye., Baisanov A., Issagulov A., Laurent Ch. Diagram of Phase Structure of Metallic System in Liquid State // *Proceedings of the Fourteenth Ferroalloys Congress INFACON XIV.* 2015, pp. 540-547.

17. Mekhtiev A., Shabanov Ye., Issagulov A., Baissanov A., Issagulova D. Development of Technology of Complex Aluminum-Silicon-Chrome Alloy with Utilization of Offgrade Raw Materials. *Journal for Theory and practice in Metallurgy – “Metalurgija”.* 2014, no. 5, pp. 110-114.

18. Dawson, N. F.; Edwards, R. I. Factors affecting the reduction of chromite Part. 4. *Int.Ferr. C SAO*. 1986, pp. 105-113.

19. Duong H.V., Johnston R.F. Kinetics of solid state silica fluxed reduction of chromite with coal. *Ironmaking & Steelmaking.* 2000, no. 27, pp. 202-206.

20. Chakraborty D., Ranganathan, S., Sinha S.N. Investigations on the carbothermic reduction of chromite ores. *Metallurgy and materials processing science.* 2005, no. 27, pp. 437-444.