

• ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ӘОЖ 669.15

<https://doi.org/10.51301/vest.su.2021.i5.09>

¹А.М. Әбдірашит, ¹Б.С. Келаманов, ²Е.Б. Тажиев, ¹Н.З. Нурғали, ³О.В. Заякин
¹Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе, Қазақстан
²Satbayev University, Алматы, Қазақстан
³Металлургия институты, Ресей ғылым академиясының Орал филиалы,
Екатеринбург, Ресей
*e-mail.ru: asik_942017@mail.ru

ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЙ ӨНДІРІСІНІҢ ГАЗ ТАЗАРТҚЫШ ШАҢЫНЫҢ БРИКЕТІНЕ ЖҮРГІЗІЛГЕН СПЕКТРЛІК ТАЛДАУ

Аңдатпа. Бұл мақалада ферросиликоалюминий қорытпасын балқыту барысында түзілетін шанды брикет жасау арқылы екінші өнім ретінде өндірісте пайдалану мақсатында спектрлік талдау нәтижесі көрсетілген. Екі үлгі бойынша жасалынған брикеттерді Тамман пешінде изотермиялық ұсталым жасап, алынған өнімдерге спектралды жасау жүргізілді. Талдау нәтижесінде шаңның құрамында негізгі кремний және алюминий тотықтары каолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) түрінде емес, жеке-жеке SiO_2 және Al_2O_3 түрінде кездесетіндігі, сондай-ақ 1600°C температураға қыздыру барысында мулиттің ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) болмауы мен бірден кремний карбидінің SiC түзілетіндігі, сондай-ақ жалпы 43,73% карбид түзілетіндігі анықталды.

Нәтижесінде қалдық ретінде қалған шанды брикет жасай отыра өндіріске қайтару арқылы экологиялық және экономикалық мәселелердің шешімін тауып, сондай-ақ балқыту үрдісінің электр режимін оңтайландыратын шикізат алынды.

Негізгі сөздер: ферросиликоалюминий шаңы, брикет, меншікті электр кедергі, Тамман пеші, газ тазартқыш.

Кіріспе. Жоғары кремнийлі және кремний-алюминий ферроқорытпалар өндірісінің негізгі маталы сүзгідегі құрғақ газ тазартқыштарда ауланатын және сонда газ тәріздес өнім болып отыратын шаң түріндегі қалдықтардың аса көп мөлшерде түзілуімен жүргізіледі. Мойындық шаңының ұсақ дисперсті (0,4-0,5 мкм) болуына байланысты оны сақтауда және қоймалауда елеулі қиындықтар туындайды [1-6].

Әдістер. Осы жұмыста «KSP Steel» ЖШС-дегі ферросиликоалюминий өндірісінде құрғақ газ тазартқыштарда түзілетін шаңның физика-химиялық қасиеттері зерттелді. Қазіргі таңда ФС55А15 сортында ФСА-дің 1 тоннасын балқыту кезінде 300 кг шамасында шаң түзіледі [7]. Осындай көп мөлшеріндегі мойындық шаңының түзілуі аса күлді көмірлі шикізаттардың қолданылуымен ФСА-ді балқытудағы технологияның ерекшелігімен түсіндіріледі.

Көмірлі шикізаттардың ылғал бөлігіндегі қорытпа құрамында кремний мен алюминийдің тотықсыздануы мулит, карбид және кремний мен алюминийдің газтекес субтотықтары болып табылатын аралық қосылыстардың түзілуімен жүргізіледі. Газтекес субтотықтардың үрдістің $1800-2200^\circ\text{C}$ температурасы кезінде реакциялық аймақтан жойылуымен 1-2 реакция бойынша түзілуі кремний мен алюминийдің қорытпаға өтуіне оң әсерін тигізеді.



• Химико-металлургические науки

Жоғары кремнийлі қорытпаларды, соның ішінде ФСА-ді балқыту кезінде субтотықтарды аулау үшін қажетті шарт болып газ тектес субтотықтарды шикіқұрамның салқын бөлігінде конденсацияланып, қайтадан реакциялық аймаққа қайтару әдісімен аулауға мүмкіндік беретін, реакциялық аймақтың бетінде сүзгілі қабат болып табылатын белгілі шикіқұрам қабаты табылады. Осыған қарамастан, кремний мен алюминийдің газдық фазаға субтотық түрінде жоғалуына 15-25%-ды құрайды. Ал, ол дегеніміз өндірістің технико-экономикалық көрсеткішіне теріс көрінісін көрсетеді. Жаңа жүйедегі құрғақ түріндегі газ тазартқыштар газды тазартуды 98-99% өндіруге мүмкіндік береді. Тазартылған газдың құрамындағы шаңның саны 20-50 мг/см³ құрайды. Қолданыстағы өндірістің талдау нәтижелері қызмет ететін жұмысшылардың біліктілігі мен балқыту барысына байланысты балқытылатын ФСА-дің 1 тоннасында 300 кг дейінгі шамада шаң түзілуін көрсетеді [8].

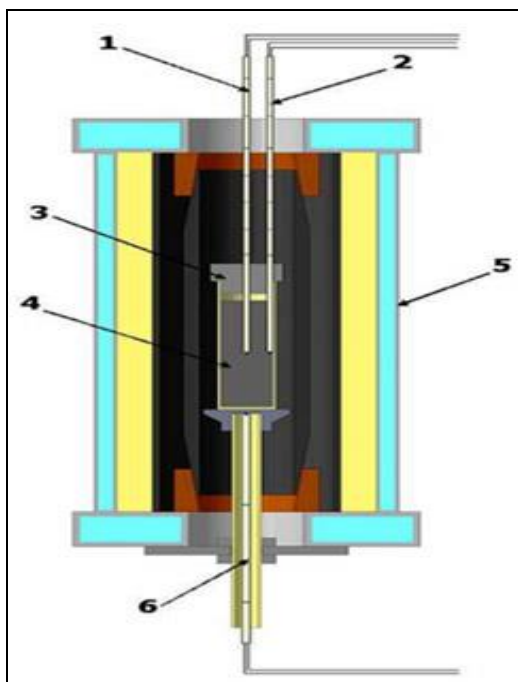
Талқылау. Ферросиликоалюминий өндірісіндегі құрғақ маталы газ тазартқыштарда түзілген ұсақ микродисперсті шаңның химиялық құрамы 1-ші кестеде келтірілген.

Кесте 1. ФСА-ді балқыту кезінде құрғақ газ тазартқыштарда түзілген шаңның химиялық құрамы

| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | C |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|-------------------|------------------|-----|
| 73-75 | 17-20 | 0,8-1,3 | 3,0-4,5 | 2,5-3,5 | 0,4-0,6 | 1,4-1,7 | 2-3 |

Құрамында 90% шамасында SiO₂ және Al₂O₃ субтотықтардың жинақталу және тотығу өнімдерінен құралатын ауланған шаң орташа нақты бетінің ауданы 15-20 м²/г болатын аморфты кремнезем мен глиноземнің жоғары құрамына ие сфералық бөлік түріндегі жұқа өнімді құрайды.

Ферросиликоалюминий өндірісіндегі түзілген шаңның балку температурасын анықтау бойынша зерттеу жұмыстары 1-ші суретте көрсетілген жоғары температуралы Тамман пешінде жүргізілді.



Сурет 1. Жоғары температуралы Тамман пеші:

1-цилиндр осіндегі термопара; 2-цилиндр бетіндегі термопара; 3-графитті түтікше; 4-зерттелетін үлгідегі алундты тигель; 5-Тамман пеші; 6-пештегі температураны бақылайтын термопара

Ол үшін зертханалық престерде ФСА өндірісінің шағына арнайы коксты араластыра отырып, брикеттер жасалынды. Брикеттер байланыстырғыш материалдар ретінде сұйық шыны қолданумен өндірілді. Жасалынған брикеттерді бөлме температурасында бір күн кептірген соң олардың балқу температурасын анықтау мақсатында алундты тигельге салып, пешке орналастырдық. 1200⁰С температурада брикеттердің көлемінің ұлғаюы байқалды. Температура 1250⁰С жеткенде түгін бөліне бастады. 1450⁰С температура кезінде брикеттер жұмсара бастады. Брикеттер 1470⁰С болған кезде толығымен балқыды.

Яғни, жасалынған зертханалық жұмыстар нәтижелерін қорытындылай келе, шаңмен бірге көміртекті тотықсыздандырғыш ретінде арнайы коксты қолданып жасаған брикеттің балқу температурасы 1470⁰С екендігіне көз жеткіздік.

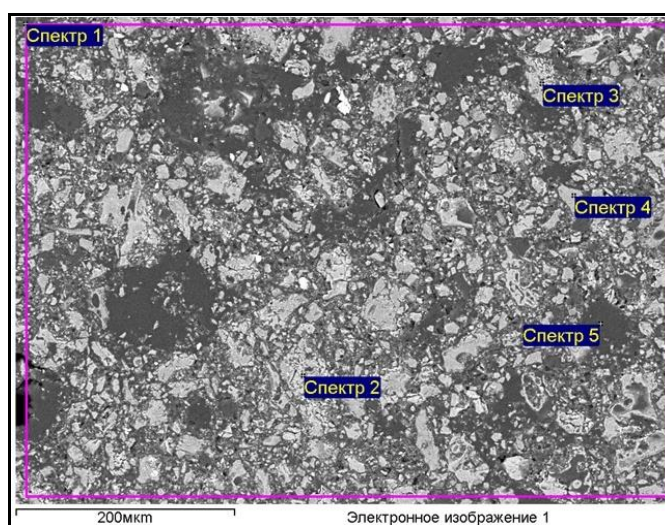
ФСА-дің шаңы мен арнайы кокстан жасалынған брикеттерді Тамман пешінде 1600⁰С температурада 1 сағат изотермиялық ұстау нәтижесінде алынған шикіқұрамның толық құрамын анықтау мақсатында Челябинск қаласында орналасқан Оңтүстік-Урал мемлекеттік университетінде спектральдық талдауға сынақ жүргізілген болатын. Базалық және артық фазалардың құрылымын миллион рет үлкейтуге мүмкіндік беретін вольфрамды катодтағы JSM-7001F маркалы сканирлеуші электрондық микроскоптың көмегімен зерттедік. Сканирлеуші электрондық микроскоптың техникалық сипаттамалары келесідей:

- жылдамдатқыш кернеу 200 В – 30 кВ, зондтағы тоқ 1 пА – мкА;
- 3 нм-ге рұқсат етілген (30 кВ кезінде), 1 000 000 × дейін ұлғайтылады;
- камерадағы төменгі вакуум кезінде жұмыс мүмкіндігі (500 Па-ға дейін)
- екіншілік электрондардың (SE), шағылысқан электрондардың детекторы (BSE).

Алдын-ала дайындалған шлифтердің бетін мұқият азот қышқылындағы спиртті ерітіндімен (4% азот қышқылы + спирт) өңделді және жылтыратылды. Бұл реактив зерттелетін материалдың жалпы құрылымын анықтау үшін жарамды болып табылатын макрореактив ретінде кеңінен қолданылады. Жақсы нәтижеге қол жеткізу мақсатында жылтырату және өңдеу үрдісін бірнеше рет қайталадық. Өңдеуден қалған қалдықтар этил спиртіндегі мақтамен жойылды, одан кейін шлиф сүзгіш қағазбен кептірілді.

Зерттелетін материалдың микроқұрылымын анықтау мақсатында әр түрлі ұлғайтылымдар (×40, ×100, ×200, ×500, ×1000, ×2000, ×3000) жүргізілді.

Жұмыс барысында ×200 ұлғайту кезінде шлифтегі үлгінің кескіні анық көрінуіне байланысты зерттеуге қолайлы деп таңдалынды. Соның ішінде ерекше көзге көрінген 5 спектрге зерттеу жүргізілді. Алынған үлгінің микроқұрылымы 2-суретте келтірілген.



Сурет 2. JSM-7001F маркалы сканирлеуші электрондық микроскопта ×200 ұлғайту кезінде алынған үлгінің микроқұрылымы

• **Химико-металлургические науки**

Атомдық пайызда келтірілген барлық спектрлардың химиялық құрамы 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2. Үлгіні ×200 ұлғайту кезінде анықталған атомдық пайызда келтірілген барлық спектрлардың химиялық құрамы

| Спекторлар | Элементтердің құрамы, %, атомдық | | | | | | | Σ |
|------------|----------------------------------|------|-----|------|------|-----|-----|-----|
| | C | O | Mg | Al | Si | Ca | Fe | |
| Спектр 1 | 88 | - | 0,1 | 2,7 | 8,7 | 0,2 | 0,2 | 100 |
| Спектр 2 | 59 | - | 0,9 | 19,4 | 2 | 0,4 | 0,3 | 100 |
| Спектр 3 | 0 | 61,4 | 1,5 | 29,7 | 7,1 | 0,1 | 0,2 | 100 |
| Спектр 4 | 72 | - | - | 1,2 | 26,9 | - | 0,1 | 100 |
| Спектр 5 | 100 | - | - | - | - | - | - | 100 |
| Макс. | 100 | 61,4 | 1,5 | 29,7 | 26,9 | 0,4 | 0,3 | - |
| Мин. | 0 | 0 | 0,1 | 1,2 | 2 | 0,1 | 0,1 | - |

Келтірілген кестеден байқап отырғанымыздай, 1, 2, 4-спектрларда қосындылар көміртегімен кездеседі, ал 3-спектрда оттегімен байланыс жасайды. Сонымен қатар, 5-спектрда барлық элементтердің көміртегімен байланысы жоқ екендігін көруімізге болады. Осыған байланысты көміртегі кездесетін спектрларды ортақтандыра отырып және оттегі кездесетін спектрды бөлек ала отырып, көрсетілген әрбір спектральдың атомдық мөлшерін қолдана отырып, есептеулер жүргізу нәтижесінде келесі 3-кестеде көрсетілгендей карбидтер мен тотықтардың толық құрамы анықталды.

Кесте 3. Спектральдық талдау нәтижесінде алынған карбидтер мен тотықтардың толық құрамы

| Карбидтер, % | | | | | Тотықтар, % | | | | | Σ |
|--------------|-------------------|--------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|------------------|------|-----|--------------------------------|-----|
| SiC | Fe ₃ C | Al ₄ C ₃ | MgC ₂ | CaC ₂ | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | MgO | CaO | Fe ₂ O ₃ | |
| 33,73 | 0,17 | 9,04 | 0,53 | 0,26 | 42,54 | 11,53 | 1,89 | 0,1 | 0,21 | 100 |
| 43,73 | | | | | 56,27 | | | | | 100 |

Алынған нәтижелерді көріп отырғанымыздай, ФСА-дің шаңы мен арнайы коксты араластыра отырып жасаған брикетте 1600°C температурада 1 сағат қыздыру кезінде 43,73% карбид түзілгендігін, соның ішінде ферросиликоалюминий өндірісінің негізі болып табылатын кремний карбиді (SiC) 33,73% және алюминий карбиді (Al₄C₃) 9,04% түзілгендігін байқаймыз.

Тәжірибе барасында алынған брикеттерге спектралды талдау жүргізілді. Талдау нәтижесінде жасалынған брикеттер физика-химиялық және механикалық қасиеттері бойынша феррокорытпалар өндірісінің талаптарына сәйкес келеді. Сонымен қатар, жасалынған брикеттердің құрамы ферросиликоалюминий қорытпасын балқытуда маңызды болып табылатын физика-химиялық қасиеттерге ие екендігі анықталды.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Друинский М.И., Жучков В.И. Получение комплексных ферросплавов из минерального сырья Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1988. - 208 с.
 [2] Рысс М.А. Производство ферросплавов. – М.:Наука, 1975. -336 с
 [3] Гасик М.И., Лякишев Н.П. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов. Москва «СП Интернет инжиниринг» 1999.

[4] Чекимбаев А.Ф. Совершенствование технологии выплавки ферро-силикоалюминия с применением новых видов углистого сырья: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук : 05.16.02. - Караганда: ХМИ, 2010. – 103 с.

[5] Идрисов А.И. Окискование мелочи высокозольных углей с использованием пыли газоочисток производства ферросиликоалюминия: дисс. на соискание академической степени магистра: Темиртау, 2015. – 48 с.

[6] Даулетияров Д. Кешенді қорытпаларды балқытуға арналған шихталардағы фазалық түрленулерді талдау және физика-химиялық зерттеулер: диссер. т.ғ.м.: 2016-Темиртау: КГИУ. - 76 б.

[7] Байсанов С., Чекимбаев А.Ф., Жұмашев М.С., Джұмағалиев А.Б. Ферросиликоалюминий өндірісінің газ тазартқыш шаңының брикетіне жүргізілген дифференциалды-термиялық талдау // IX международная научно-практическая конференция «Третья модернизация Казахстана - новые концепции и современные решения»: Темиртау. 2017. – 570 б.

[8] Толымбеков М.Ж., Байсанов С., Чекимбаев А.Ф., Жұмашев М.С., Корсукова И.Я. Ферросиликоалюминийді балқытудағы электр режимін оңтайландыру үшін тотықсыздандырғыштардың баламалы түрлерін пайдалану // Вестник КГИУ: Темиртау. № 3 (18) 2017. - 18 б.

[9] Әбдірашит А.М., Нурумғалиев А.Х., Махамбетов Е.Н., Даулетияров Д., Келаманов Б.С. Ферросиликоалюминий өндірісіндегі техногендік қалдықтан кесектелген моношихтаны балқыту // XIV Международная научно-практическая конференция «МОЛОДЕЖЬ, НАУКА И ИННОВАЦИИ» студентов, магистрантов, аспирантов, докторантов и молодых ученых в рамках программы главы государства Н.А. Назарбаева «Взгляд в будущее: модернизация общественного сознания». - Ақтобе. - 2018. - С.122-125.

[10] Әбдірашит А.М., Нурумғалиев А.Х., Махамбетов Е.Н., Даулетияров Д., Келаманов Б.С. Қазақстанды минералды - шикізат көздерінен кешенді ферроқорытпа алудың мүмкінділігін зерттеу // IX международная научно-практическая конференция «Инновационные и наукоемкие технологии как средства реализации Третьей модернизации Казахстан»: Темиртау. - 2017. - 161-166 б.

REFERENCES

[1] Druinckiy M.I., Zhuchkov V.I. (1988), Poluchenie kompleksnykh ferro-splavov iz mineral'nogo syr'ya Kazakhstana [Production of complex ferro-alloys from mineral raw materials of Kazakhstan]. - Alma-Ata: Nauka. - p.208 .

[2] Ryss M.A. (1975), Proizvodstvo ferrosplavov [Ferroalloys production] . - M.: Nauka, p. -336.

[3] Gasik M.I., Lyakishev N.P. (1999), Teoriya i tekhnologiya elektrometallurgii ferrosplavov. Moskva [Theory and technology of electrometallurgy of ferroalloys] «SP Internet inzhiniring».

[4] Chekimbaev A.S. (2010) Sovershenstvovanie tekhnologii vyplavki ferrosilikoaliuminiya s primeneniem novykh vidov uglistogo syr'ya [Improvement of the technology of ferrosilicoaluminum smelting with the use of new types of carbonaceous raw materials]: disser. kand. tekhn. nauk: Karaganda: KHMI im.ZH.Abisheva, p. - 103.

[5] Idricov A.I. (2015) Okuckovanie melochi vycokozol'nykh ugley s icpol'zovaniem pyli gazoochictok proizvodctva ferrocilikoaliuminiya [Orification of fine high-grade coals with the use of dust and gas purity of ferro-silicoaluminium production]: dicc. na coickanie akademicheskoy ctepeni magictra: Temirtaw, p. - 48 с.

[6] Dauletijarov D. Keshendi qorytpalardy balkytuga arnalfan shihtalardary fazalyk tyrlenulerdi taldaу zhәne fizika-himijalyk zertteuler [Analysis of phase variations and physicochemical studies of charges for the smelting of complex alloys]: disser. t.ғ.м.: Temirtaw: QIMW. b- 76.

[7] Baycanov C., Çekimbaev A.F., Jumaşev M.C., Djumağaliev A.B. (2017) Ferrocilikoaliuminiy öndiriciniñ gaz tazartqış şaңınıñ брикетине жүргизилген differenciyalды-termiyalıq taldaw [Ferrocilikoaliuminiy öndiriciniñ gaz tazartqış şaңınıñ брикетине жүргизилген differenciyalды termiyalıq taldaw // IX mejdwnarodnaya nawçno praktičeckaya konferenciya] // IX mejdwnarodnaya nawçno-praktičeckaya konferenciya: Tretya modernizaciya Kazaxctana - novie koncepcii i covremennie reşeniya. - Temirtaw. p. 571-576.

[8] Tolimbekov M.J., Baycanov C., Çekimbaev A.F., Jumaşev M.C., Korcwkova İ.Ya. Ferrocilikoaliuminiydi balqıtwdadı élekr rejimin oñtaylandırw üşin totıqızdandırğıştardıñ balamalı türlerin paydalanw [Use of alternative types of oxidizers to optimize the electrical regime in the smelting of ferrosilicoaluminum] // QIMW Xabarşısı: Temirtaw. -2017.- № 3. p.18-21.

[9] Äbdırashıt A.M., Nurumgalıyev A.KH., Makhambetov Ye.N., Dauletıyarov D., Kelamanov B.S. (2018), Ferrosılıkoalyumınıy öndırısındegı tekhnogendık k,aldyk,tan kesektelgen monoshikhtany balk,ytu [Ferrosilicoaluminium Ondırısındegı tekhnogendık kaldyqtan kesektelgen monoshikhtany balytu] // XIV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «MOLODEZH', NAUKA I INNOVATSII» studentov, magistrantov, aspirantov, doktorantov i molodykh uchenykh v ramkakh programmy glavy gosudarstva N.A. Nazarbayeva «Vzglyad v budushcheye: modernizatsiya obshchestvennogo soznaniya». - Aktobe. - S.122-125

[10] Äbdıraşııt A.M., Nwrwmgalıev A.X., Maxambetov E.N., Dawletıyarov D., Kelamanov B.S. (2017), Qazaqstandı minerıaldı - şıkızat közderinen keşendi ferroqorıtpa alwdıñ mümkindılıgın zerttew [Study of the possibility of obtaining complex ferroalloys from mineral and raw material sources of Kazakhstan]// IX mejdwnarodnaya nauçno-praktıçeckaya konferenciya «İnnovatsionnie i naukoemkie texnologii kak sredstva realizatsii Tretey modernizatsii Kazaxstan»: Temirtaw. S.- 161-166.

¹А.М. Әбдірашит, ¹Б.С. Келаманов, ²Е.Б. Тажиев, ¹Н.З. Нургали, ³О.В. Заякин

¹Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актобе, Казахстан

²Satbayev University, Алматы, Казахстан

³Институт металлургии Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

*e-mail.ru: asik_942017@mail.ru

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БРИКЕТА ГАЗООЧИСТНОЙ ПЫЛИ ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В данной статье отражены результаты спектрального анализа с целью использования на производстве в качестве второго продукта путем создания брикета пыли, образующейся при плавке сплава ферросиликоалюминия. Брикет, изготовленный по двум образцам, выдерживали изотермически в печи Таммана и проводили спектральный анализ полученных продуктов. В результате анализа установлено, что в составе пыли основные оксиды кремния и алюминия встречаются не в виде каолинита ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), а по отдельности в виде SiO_2 и Al_2O_3 , а также отсутствие муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) при нагревании до температуры 1600°C и образование сразу SiC карбида кремния, а также образование общего 43,73% карбида.

В результате было получено сырье, оптимизирующее электрический режим процесса плавки, решив экологические и экономические проблемы с возвратом в производство оставленной пыли в качестве отходов брикета.

Ключевые слова: ферросиликоалюминиевая пыль, брикет, удельное электрическое сопротивление, печь Таммана, газоочиститель.

¹A.M. Abdiorashit, ¹B.S. Kelamanov, ²Ye.B. Tazhiyev, ¹N.Z. Nurgali, ³O.V. Zayakin

¹Aktobe regional university named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan

²Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

³Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

*e-mail.ru: asik_942017@mail.ru

SPECTRAL ANALYSIS OF FERROSILICOALUMINIUM PRODUCTION GAS CLEANING DUST BRIQUETTE

Abstract. This article reflects the results of spectral analysis for use in production as a second product by creating a briquette of dust formed during the melting of ferrosilicoaluminium alloy. Briquettes made according to two samples were made with isothermal retention in the Tamman furnace and spectral analysis of the resulting products was carried out. As a result of the analysis, it was found that the dust contains the main silicon and aluminum oxides not in the form of kaolinite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), but separately in the form of SiO_2 and Al_2O_3 , as well as the absence of mullite ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) during heating to a temperature of 1600°C and the formation of silicon carbide SiC at once, as well as a total of 43.73% carbide.

As a result, raw materials were obtained that optimize the electric mode of the melting process, solving environmental and economic problems with the return to production of the left dust as briquette waste.

Keywords: ferrosilicoaluminium dust, briquettes, electrical resistivity, Tammany furnace, gas purifier.