

Агломераттың физика-химиялық қасиеттеріне флюстерді қолданудың әсері

¹**ЖҮНІСОВ Абылай Қайыртасұлы**, т.ғ.к., профессор, кафедра меңгерушісі, zhunusov_ab@mail.ru,

^{1*}**КЕНЖЕБЕКОВА Анар Ерболатовна**, докторант, kenzhebekova_psu@mail.ru,

¹**ЖҮНІСОВА Айгүл Қайыргелдықызы**, докторант, zhunusova.aig@mail.ru,

¹**БЫКОВ Петр Олегович**, т.ғ.к., профессор, bykov_petr@mail.ru,

¹«Торайғыров университеті» КеАҚ, Ломов көшесі, 64, Павлодар, Қазақстан,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Илем отқабыршағынан агломераттың физика-химиялық қасиеттеріне флюстерді қолданудың әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Жүргізілген зерттеулер агломерациялық шикіқұрам құрамына флюстерді енгізудің орындылығын көрсетті. Алайда, кварцит немесе әктас (доломиттелген) түріндегі әрбір ағын өзінің артықшылығын береді. Кварцитті флюс ретінде пайдаланған кезде рентгендік фазалық талдау және агломерат микрошлифі темір металының болуын растайды. Агломерациялық шихтаға әктасты (доломиттелген) енгізу флюстелінген агломерат алуға мүмкіндік береді. Металдарды балқыту үшін агломератты пайдаланған кезде офлюстелінген агломерат пештерден әктасты шығаруға мүмкіндік береді. Оның шығуы CaCO_3 және MgCO_3 диссоциациясына жұмсалатын жылудың едәуір мөлшерін үнемдеуге әкеледі, сәйкесінше отын үнемделеді. Магнезиоферриттің (MgFe_2O_4), периклаздың (MgO), глиноземнің флюстелінген агломератта түзілуі, ең алдымен, әктасты (доломиттелген) қолданумен байланысты. Әктаста кездесетін магний MgFe_2O_4 және MgO түзілгенге дейін магнетитпен диссоциацияланды. Рентгендік фазалық талдаудың дұрыстығын растау үшін INCA Energy микроанализ жүйесімен растрлық электронды микроскопиямен флюстелінген агломерат үлгілері зерттелді. Сондай-ақ, EDS-талдауы бойынша күйежентектің орташа элементтік құрамы осы жұмыстағы суреттер мен кестелерде келтірілген.

Кілт сөздер: илем отқабыршағы, флюстер, аспирациялық шаң, агломерация, жентектелу, темір кенді агломерат.

Кіріспе. Павлодар облысында «KSP Steel» ЖШС және «Кастинг» ЖШС (Павлодар қ., Қазақстан Республикасы) екі ірі электр балқыту кәсіпорны орналасқан. Бұл зауыттардың өнімі жылына 1,5 млн тоннадан асады. «KSP Steel» ЖШС мұнай-газ өнеркәсібінде пайдаланылатын орасан зор мөлшерде жіксіз құбырлар шығарады [1]. «Кастинг» ЖШС өнімі – бұл тегістеу шар, оларды құрылыс индустриясында түрлі маркалы арматуралар және тау-кен өңдеу өнеркәсібінде қолданылады.

Электрлік балқыту өндірісінде металл әртүрлі қуаттылықтағы доғалы болат балқыту пештерінде (ДБП) балқытылады. Бастапқы материал ретінде металл сынықтары, қалдықтар, құрамында темір бар материалдар қолданылады. Металды балқытқаннан және оны өңдегеннен кейін (пештен тыс, вакуумдық өңдеу) балқыманы дайындамаларды алу үшін үздіксіз құю машиналарына (ДҮҚМ)

беріледі. Дайындаманы қысқыш құрылғылар арқылы өткізген кезде көп мөлшерде отқабыршық пайда болады (илем отқабыршағы).

«KSP Steel» ЖШС және «Кастинг» ЖШС электр металлургиялық зауыттарында илем өнімдерін өндіру кезінде қалдықтардың ең көп мөлшері негізінен дайындамаларды илемдеу орнақтарында илемдеу процесінде пайда болатын отқабыршақта келеді. Илем отқабыршағы металдың тотығу өнімі болып табылады. Илем отқабыршағынан пайда болуы жоғары температурада металды термиялық өңдеу немесе қысыммен өңдеу процесімен байланысты [2, 3].

Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, бүгінгі таңда металлургия зауыттарының қалдықтары табиғи ресурстарға, металл сынықтарына әсерлі балама болып саналады және қайта өңдеудің ұтымды технологиясын таңдаудың дұрыс тәсілімен балқыту кезінде сынықтардың бір бөлігін қайта өңделген шикізатпен

алмастыра бастады [4]. Табиғатты пайдалану және қоршаған ортаны қорғау саласындағы бағыттарын [5-8] жұмыстарында анықталған, атап айтқанда қара металдар өндірісінде металды, қалдықты және басқа материалдарды алмастырғыш ретінде техногендік қалдықтарды игеру.

Қазіргі уақытта металлургиялық кәсіпорындар балқытылған болаттың әрбір 1 млн тоннасынан атмосфераға 800 мың тоннаға жуық қожды, 95 мың тонна шаң және 35 мың тонна қалдықты шығарады. Металлургия зауыттарының қож үйінділерінде 530 млн тоннадан астам қож бар, олардың құрамында 20 млн тоннаға жуық металл бар. Бұдан басқа, жыл сайын агломерациялық және домендік өндірістің 2,8 млн тоннадан астам қалдықтары, болат балқыту өндірісінің 1,2 млн тонна қалдықтары және илем отқабыршағы 3,6 млн тоннасы жинақталады [9].

Техногендік қалдықтардан алынатын өнімнің өзіндік құны табиғи түзілімдер кен орындарының кендерінен әдеттегі әдістермен өндірілетін шикізатқа қарағанда әлдеқайда аз (шамамен 10-15 есе) екенін атап өткен жөн [10]. Өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеу арқылы ұтымды пайдалану жылына бірнеше миллиард АҚШ долларын құрайтын кіріс алуға мүмкіндік береді. Мысалы, Криворожье бассейнінің темір кендерін байытудың 700 млн тоннаға жуық темір рудасының қалдықтарын өңдеу 9 миллиард АҚШ долларынан астам тауарлық өнім алуға мүмкіндік береді [11, 12].

Осылайша, бұл жағдай металл өндірушілер мен ғылыми зерттеушілердің осы қалдықтарды қайта өңдеуге шұғыл араласуын талап етеді. Металлургиялық қалдықтарды металлдалған агломераттың кондиционерлік шикізатына қайта өңдеу және металлургиялық шегінде пайдалану кезінде өнімнің өзіндік құны төмендейді, өйткені өндіріске өз қалдықтары тартылады және қайта өңделеді.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Темір кені агломератын алу бойынша зерттеулер «Торайғыров университеті» КЕАҚ «Металлургия» кафедрасының зертханасында жүргізілді. Агломерация кезінде шикіқұрам ретінде илем отқабыршағы, аспирациялық шаң, шөміш-пеші агрегатының соңғы қождары, 0-5 мм фракциялы ұсақ ұнтақты кокс және флюс материалдары пайдаланылды.

Зерттеудің негізгі міндеті темір рудасы агломератының физика-химиялық қасиеттеріне әртүрлі флюстердің әсер ету механизмін зерттеу және оңтайлы флюсты таңдау болды. Агломерациялық зерттеу процесінде дұрыс таңдалған жақсы флюстелетін материалды дұрыс іріктеп алу, бұл болашақта шойын мен ферроқорытпаларды алудың фи-

зика-химиялық процестеріне айтарлықтай әсер етеді.

Флюстелінетін материалдар ретінде кварцит (елегі) және әктас (доломиттелген) пайдаланылды. Д. Серікбаев ат. ШҚТУ-нің «Veritas» озық даму орталығының зертхана-сында одан әрі зерттеу үшін агломерат үлгілерінің сынамалары алдын ала дайындалды.

Сынамалар кәдімгі (флюстелмеген) агломераттан, әктас (доломиттелген) флюстелінген агломераттан және флюстелінген кварцит-агломераттан тұрды.

Нәтижелерді талқылау. Ұсынылған агломерат рентгенограммасы сынамада (Fe_3O_4) магнетиттің, вуститтің (FeO) және корундтың (Al_2O_3) шамалы мөлшерінің болуы байқалатыны 1-суретте көрсетілген.

1-суреттен Илем отқабыршағынан өндірілген агломерат минералдардың болуына мүлдем бай емес екенін 1-суреттен байқауға болады. Мұндай агломератты қалпына келтіру қиын. Шойын немесе ферроқорытпаларды балқыту кезінде пайдалану процесінде қождардың ерте пайда болуына әкеледі, бұл қажет емес. Бұл позиция агломераттың оңтайлы құрамын табуды және домналы және ферроқорытпа балқыту үшін қолайлы флюстелінген агломератты таңдауды талап етеді. Рентгендік-фазалық талдау нәтижелерін растау үшін сынамалар INCA Energy микроанализ жүйесімен растрлық электронды микроскопиямен микроанализден өтті.

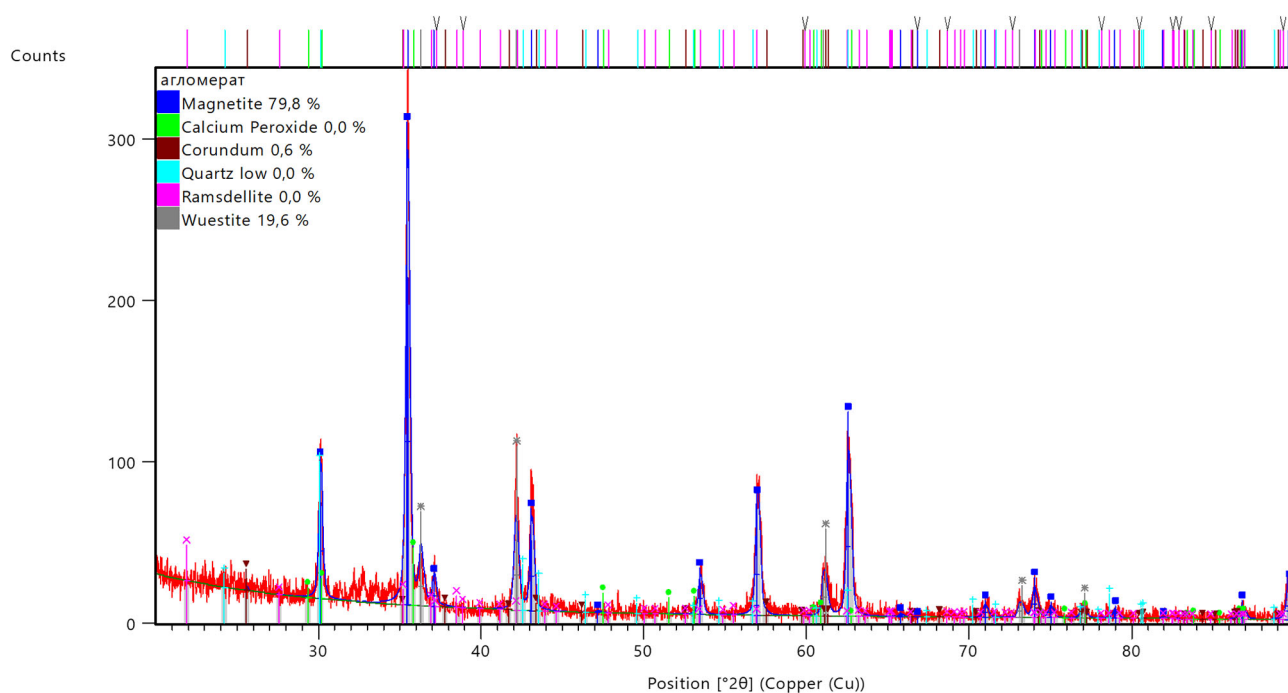
Флюстелмеген агломераттың INCA Energy микроталдау жүйесімен растрлық электронды микроскопиямен орындалған микроталдау (а) және спектрограмма (б) 2-суретте көрсетілген.

Агломераттың барлық элементтерін талдауды өңдеу параметрлерінің деректері, EDS-талдау деректері бойынша күйежентектің элементтік құрамы 1-кестеде көрсетілген. Темірдің максималды мөлшері сәйкесінше 4 және 5 спектрлерінде 59,7 және 58,4 болатындығын 2-суреттен және 1-кестеден көруге болады. Бұл спектрлердегі темірдің бұл мөлшері магнетиттің болуымен расталады.

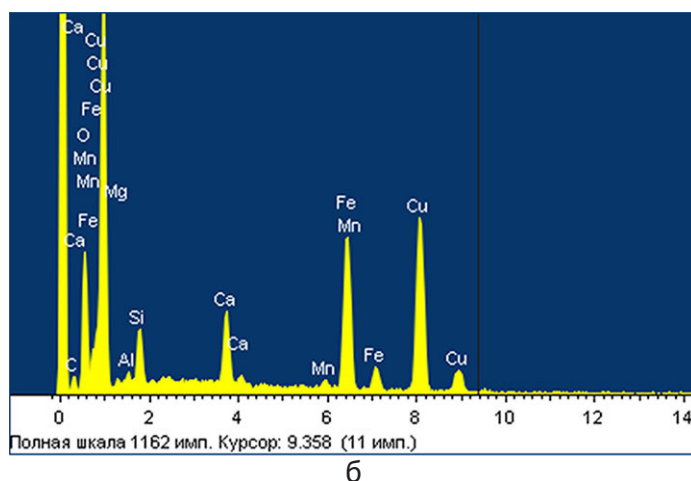
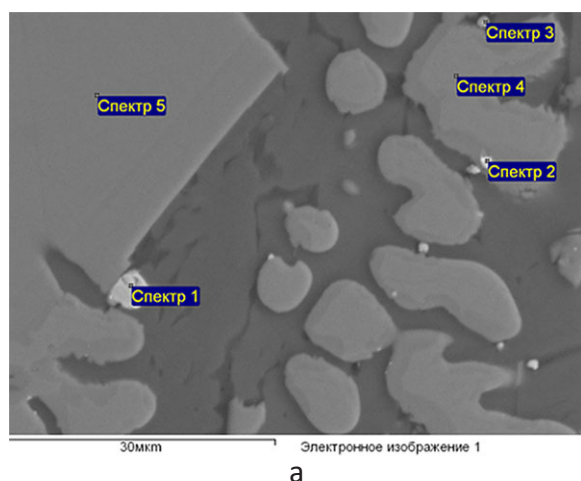
Кварцит қосылған флюстелінген агломераттың рентгенограммасы 3-суретте көрсетілген.

Жаңа минералдардың түзілуі мен пайда болуын 3-суреттен байқауға болады. Жаңа фазалардың пайда болуын флюс ретінде кварцитті қолдану арқылы түсіндіруге болады. Кварцит флюсін қолдану арқылы периклаз (MgO) және кремний диоксиді (SiO_2) пайда болды. Вюстит (FeO), гематит (Fe_2O_3), магнетит (Fe_3O_4) және $\text{Fe}_{\text{мет}}$ металл темірінің болуы байқалады.

Fe_2O_3 гематиті мен Fe_3O_4 магнетитінің болуы кокс ұнақтарының айналасында темір



1-сурет – Флюстелмеген агломераттың рентгенограммасы



2-сурет – Флюстелмеген агломераттың микроталдауы (а) және спектрограммасы (б)

1-кесте – Агломераттың барлық элементтерін талдауды өңдеу параметрлерінің деректері

Спектр	Химиялық элементтер, %										
	O	Mg	Al	Si	S	Ca	Mn	Fe	Cu	As	Pb
Спектр 1	18,9	0,73	0,59	3,24	-	3,98	0,91	22,7	48,8	-	-
Спектр 2	25,3	0,53	0,74	2,79	1,27	4,57	0,88	28,5	17,6	-	17,7
Спектр 3	28,0	0,60	1,99	5,63	1,39	8,68	1,35	29,4	21,3	0,62	-
Спектр 4	29,9	0,81	0,60	2,69	-	3,97	2,19	59,7	-	-	-
Спектр 5	32,6	0,85	0,94	2,30	-	3,39	1,53	58,4	-	0,62	17,7

оксидтерінің қарқынды тотықсыздануы болғанын көрсетеді. Агломерация кезінде кокс-

тың оңтайлы мөлшері 7% болды [13].

Алайда, агломерация кезінде күрделі ге-

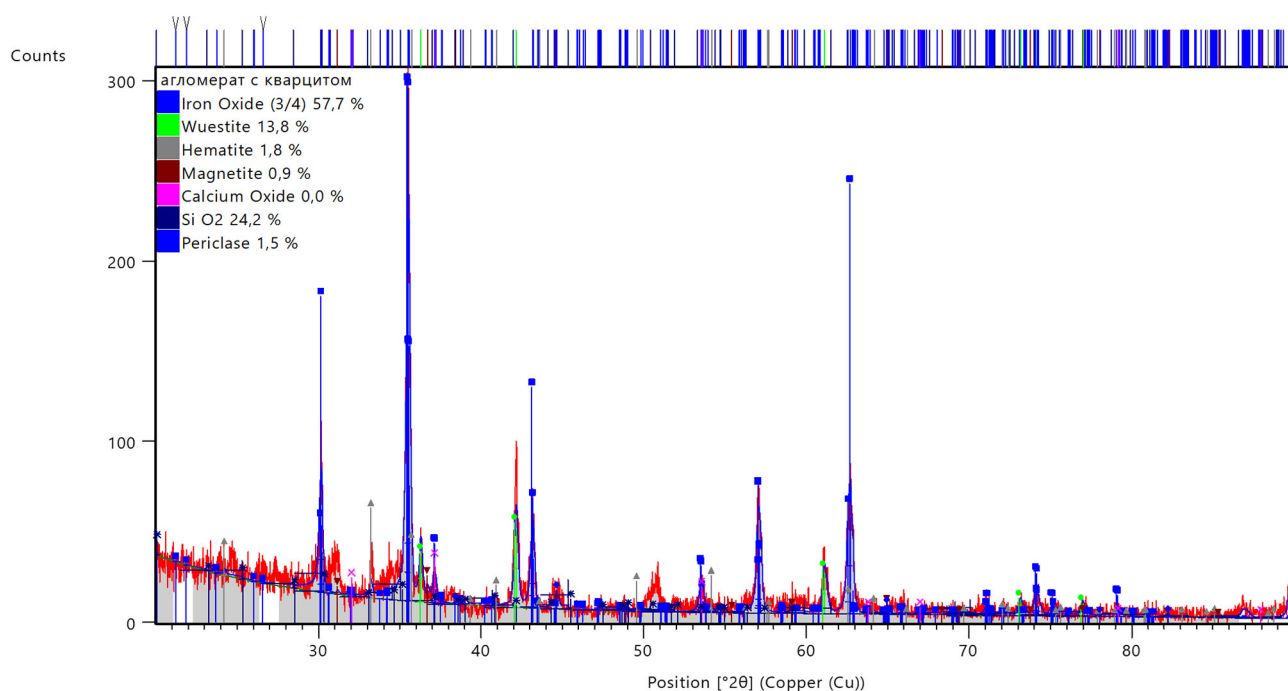
терогенді процестердің өтуіне байланысты флюсті қолданған кезде кокс шығыны артады. Демек, осыған байланысты отынның оңтайлы мөлшері пайдаланылды, ол 10%-ға дейін өсті. Коксты 10%-дан жоғары тұтыну кезінде агломерат құрылымында металл темірдің ($Fe_{мет}$) іздері пайда болады, бұл 3-суретте көрсетілген рентгенограммамен расталады.

Кварцит қосылған флюстелінген агломерат спектрограммасы мен микроанализі 4-суретте көрсетілген. EDS-талдау деректері бойынша күйежентектің элементтік құрамы, агломераттың барлық элементтерін талдауды өңдеу параметрлерінің деректері 2-кестеде көрсетілген.

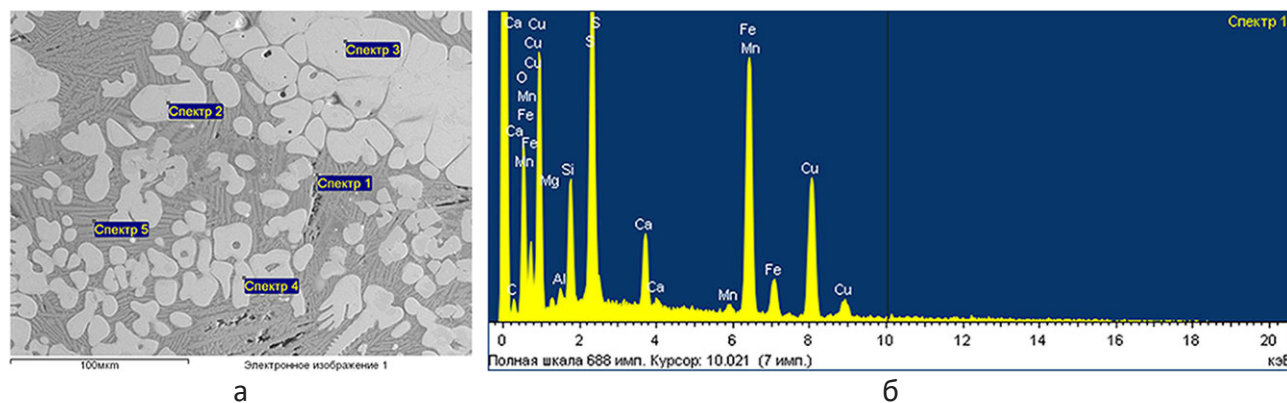
Темірдің максималды мөлшері 4-суреттің (а, б) және 2-кестеден сәйкесінше 2, 3 және 4 спектрлерінде 63,8; 64,9; 63,3 болатынын көруге болады. Бұл спектрлердегі темірдің бұл мөлшері $Fe_{мет}$ металл темірінің болуымен расталады. Металл темірдің дендриттері бар қара сұр түсті болуы 4 (а) суретте айқын көрінеді.

Әктас қосылған (доломиттелген) флюстелінген агломераттың рентгенограммасы 5-суретте көрсетілген. Рентгенограммада магнетиттің (Fe_3O_4 – 47,6%), вюститтің (FeO – 24,2%), магнезиоферриттің ($MgFe_2O_4$ – 19,4%), периклаздың (MgO – 1,5%), глиноземнің – 7,3% болуы байқалады.

Магнезиоферриттің ($MgFe_2O_4$) периклаз-



3-сурет – Кварцит қосылған флюстелінген агломераттың рентгенограммасы



4-сурет – Кварцит қосылған флюстелінген агломераттың микроанализі (а) және спектрограммасы

дың (MgO), глиноземнің флюстелінген агломератта түзілуі, ең алдымен әктасты (доломиттелген) қолданумен байланысты екенін 5-суреттен көруге болады. Әктас құрамындағы магний MgFe_2O_4 және MgO түзілгенге дейін магнетитпен диссоциацияланды.

Әктаспен (доломиттелген) флюстелінген агломераттың микроанализі мен спектрограммасы 6-суретте көрсетілген. күйе-жентектің элементтік құрамын талдауды өңдеу параметрлерінің деректері 3-кестеде келтірілген Темірдің максималды мөлшері 6-спектрден басқа барлық спектрлерде кездесетінін 6-суреттен (а, б) және 4-кестеден көруге болады. темір мөлшері 6-спектрде азаяды, өйткені спектр магнезиоферриттің (MgFe_2O_4) аймағында орналасқан.

Агломерациялық шикіқұрамға әктасты (доломиттелген) енгізу флюстелінген агло-

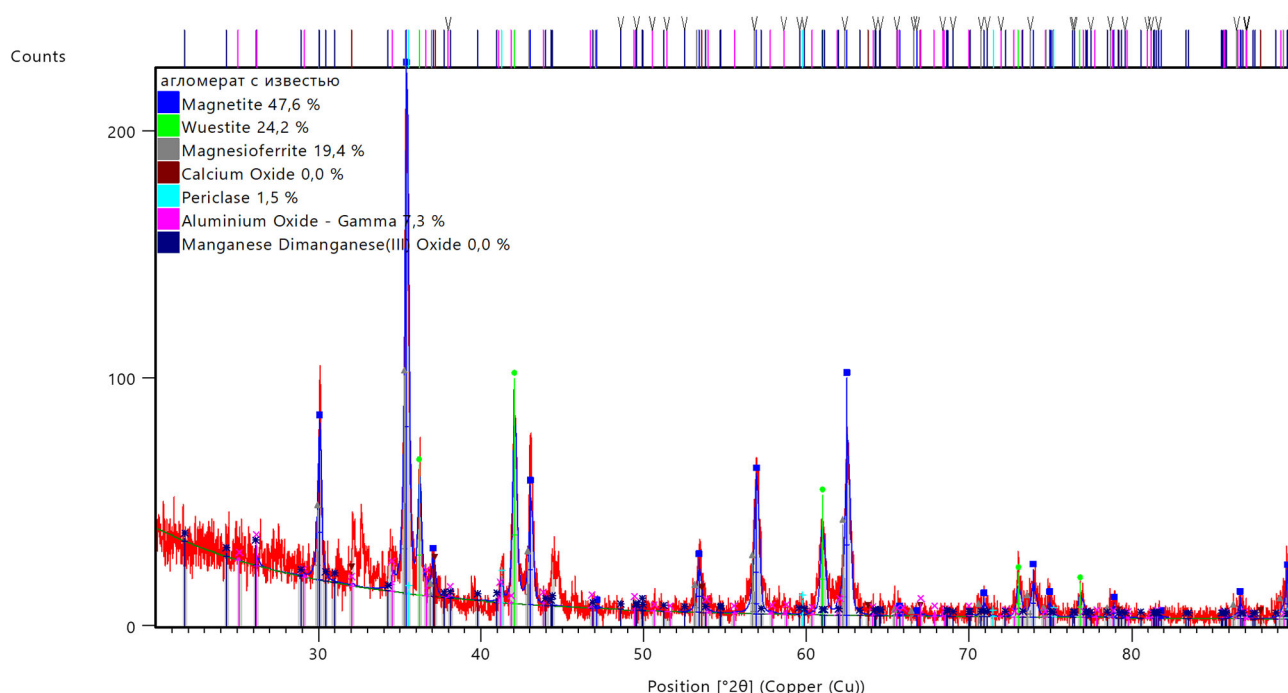
мератты алуға мүмкіндік береді. Болашақта металдарды балқыту кезінде агломератты пайдаланған кезде, флюстелінген агломерат пештерден әктасты шығаруға мүмкіндік береді. Оның шығуы CaCO_3 және MgCO_3 диссоциациясына жұмсалатын жылудың едәуір мөлшерін үнемдеуге әкеледі, сәйкесінше отын (кокс) үнемделеді.

Агломерация кезінде шикіқұрамды қыздыру аймағының жоғарғы бөлігінде әк диссоциациясы өтеді. Ең бастысы отын жану аймағында. Фракциялық құрамы бойынша әктас құрамында 3 мм-ден аз бөлшектердің мөлшері болуы керек.

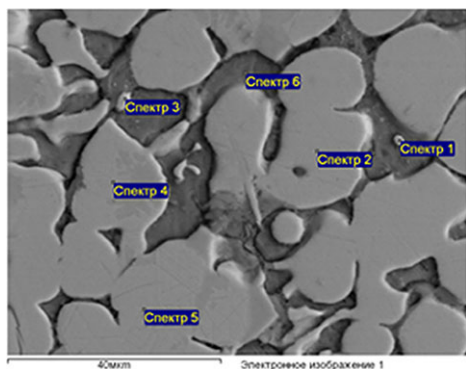
Осы нормалардан ауытқулар агломерат сапасының нашарлауына әкеледі, онда әктастың реакция түспеген бөліктері болады. Әктастың реакция түспеген бөліктері, кейіннен агломератты тасымалдау процесінде

2-кесте – Кварцит қосылған флюстелінген агломераттың барлық элементтерін талдауды өңдеу параметрлерінің деректері

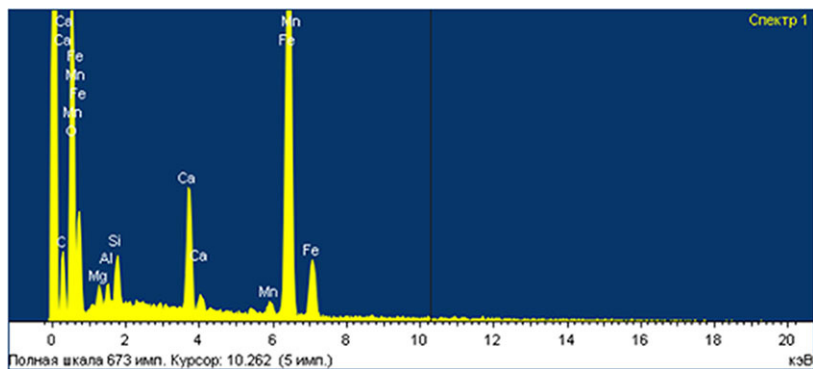
Спектр	Химиялық элементтер, %										
	O	Mg	Al	Si	S	Ca	Mn	Fe	Cu	Na	Zn
Спектр 1	19,4	0,64	0,53	4,83	12,2	3,30	0,74	29,9	29.1	-	-
Спектр 2	28,4	0,58	0,69	3,25	-	2,22	0,95	63,8	-	-	-
Спектр 3	28,5	0,69	0,47	2,76	-	1,69	0,91	64,9	-	-	-
Спектр 4	28,1	0,76	0,82	3,62	-	2,50	0,79	63,3	-	-	-
Спектр 5	36,6	1,08	0,81	11,5	-	7,70	1,26	39,2	-	0,67	0,98



5-сурет – Әкпен флюстелінген агломераттың рентгенограммасы



а



б

6-сурет – Әктаспен (доломиттелген) флюстелінген агломераттың микроанализі (а) және спектрограммасы (б)

3-кесте – Әктаспен (доломиттелген) флюстелінген агломераттың барлық элементтерінің талдауларын өңдеу параметрлерінің деректері

Спектр	Химиялық элементтер, %								
	O	Mg	Al	Si	Ca	Mn	Fe	Cr	Na
Спектр 1	34,8	1,34	0,97	1,88	5,83	1,39	53,7	-	-
Спектр 2	26,9	1,40	0,61	0,69	3,43	1,66	64,7	0,47	-
Спектр 3	30,9	1,18	0,70	0,84	4,09	1,58	60,6	-	-
Спектр 4	28,0	1,26	0,67	0,61	3,94	1,61	63,6	-	-
Спектр 5	28,3	0,95	1,30	0,80	3,01	1,46	63,3	0,97	-
Спектр 6	30,7	0,43	0,63	8,48	19,8	0,95	38,1	-	0,73

агломераттардың бұзылу орталығы болады.

Шикіқұрамға әкті енгізу балқыманың кристалдану үлгісін қиындатады. Қатты фазаларда флюстелінген шикіқұрамдардың агломерациясы кезінде кальций ферриттерінің түзілу реакциялары жүреді (Ca_2SiO_4). Пайда болу себептері CaO және Fe_2O_3 байланысына байланысты. CaO -да SiO_2 -нын химиялық құралы Fe_2O_3 қарағанда жақынырақ. Агломерация кезінде Ca_2SiO_4 жойылғаннан кейін Ca катионы аниондық $[\text{SiO}_4]^{4-}$ кешендермен бірге кристалданады. Осылайша, Вегман Е.Ф. [14] теориясынан кальций ферриттері агломерат құрылымында егер агломераттың барлық кремнеземі CaO және FeO -мен толық қамтамасыз етілсе, кальций мен темір силикаттарымен бірге болуы мүмкін.

Қорытынды. Осылайша, жүргізілген зерттеулер агломерациялық шикіқұрамның құрамына флюстерді енгізудің орындылығын көрсетті. Алайда, кварцит немесе әктас (доломиттелген) түріндегі әрбір флюс өзінің артықшылығын береді. Флюс ретінде пайдаланылған кезде рентгеннофазалық талдау және агломерат микрошлифі металл темірдің

болуын растайды.

Агломерациялық шикіқұрамға әктасты (доломиттелген) енгізу флюстелінген агломерат алуға мүмкіндік береді. Металдарды балқыту үшін агломератты пайдаланған кезде, флюстелінген агломерат пештерден әктасты шығаруға мүмкіндік береді. Оның шығуы CaCO_3 және MgCO_3 диссоциациясына жұмсалатын жылудың едәуір мөлшерін үнемдеуге әкеледі, сәйкесінше отын үнемделеді. Магнезиоферриттің (MgFe_2O_4), периклаздың (MgO), глиноземнің флюстелінген агломератта түзілуі, ең алдымен, әктасты (доломиттелген) қолданумен байланысты. Әктас құрамындағы магний MgFe_2O_4 және MgO түзілгенге дейін магнетитпен диссоциацияланды. Рентгендік фазалық талдаудың дұрыстығын растау үшін INCA Energy микроанализ жүйесімен растрлық электронды микроскопиямен флюстелінен агломерат үлгілері зерттелді. Сондай-ақ, EDS талдауы бойынша күйежентектің орташа элементтік құрамы осы жұмыстағы суреттер мен кестелерде келтірілген.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Spanov S.S., Zhunusov A.K., Tolymbekova L.B. Steel pilot melting at LLP «KSP STEEL» using Ferro-Silica-Aluminum // Metallurgist, 2017. – Vol. 60. – Pp. 1149-1154.
2. Шаповалов Н.А., Загороднюк Л.Х., Тикспекунова И.В., Шекина А.Ю. Рациональные пути использования сталеплавильных шлаков // Фундаментальные исследования, 2013. – № 1-2. – С. 439-443.
3. Толымбеков М.Ж., Такенов Т.Д., Ахметов А.Б. Прямое легирование стали марганцем. – Алматы: НИЦ «Ғылым», 2003. – 304 с.
4. Середа Б.П. Обробка металів тиском. Навчальний посібник. – Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної академії, 2009. – 343 с.
5. Исаев В.А. Экономические и социальные проблемы образования и использования вторичных ресурсов на страницах журнала // Сталь, 1991. – № 4. – С. 79-82.
6. Грановская Н.В. Техногенные месторождения полезных ископаемых: Учебн. пособие. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2013. – 93 с.
7. Малышев Ю.Н., Ряховский В.М., Булов С.В., Ряховский А.В. Принципы создания инфраструктуры пространственных данных по техногенным отходам горнопромышленных производств // Горная промышленность, 2013. – № 1 (107). – С. 104-106.
8. Огородникова Е.Н., Николаева С.К., Черняева И.Д. Особенности распространения и состав техногенных грунтов – отходов черной металлургии // Геоэкология. – 2000. – № 1. – С. 53-58.
9. Воскобойников В.Г. Общая металлургия. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 768 с.
10. Вилкул Ю.Г. Переработка и комплексное использование минерального сырья техногенных месторождений / Ю.Г. Вилкул, А.А. Азарян, В.А. Колосов // Горный вестник. 2013. № 1 (96). С. 3-10.
11. Огородникова Е.Н., Николаева С.К., Черняева И.Д. Особенности распространения и состав техногенных грунтов – отходов черной металлургии // Геоэкология. – 2000. – № 1. – С. 53-58.
12. Носенко В.И., Филатов А.Н., Нечкин Г.А., Кобелев В.А. Оценка эффективности применения магнезиального флюса «Флюмаг М» в аглодоменном производстве // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2019. – Т. 75. – № 1. – С. 26-31.
13. Жунусов А.К. Кенжебекова А.Е. Жунусова А.К. Исследование получения железорудного агломерата из сталеплавильных отходов // XXII Сатпаевские чтения: Сб. докл. межд. науч. конф. – Павлодар: Торайгыров университет, 2022. – Т. 13. – С. 43-47.
14. Вегман Е.Ф. Металлургия чугуна / Е.Ф. Вегман, Б.И. Жеребин, А.Н. Похвиснев, Ю.С. Юсфин. – М.: Металлургия, 1978. – 480 с.

Влияние использования флюсов на физико-химические свойства агломерата

¹**ЖУНУСОВ Аблай Каиртасович**, к.т.н., профессор, зав. кафедрой, zhunusov_ab@mail.ru,

¹***КЕНЖЕБЕКОВА Анар Ерболатовна**, докторант, kenzhebekova_psu@mail.ru,

¹**ЖУНУСОВА Айгуль Каиргельдиновна**, докторант, zhunusova.aig@mail.ru,

¹**БЫКОВ Петр Олегович**, к.т.н., профессор, bykov_petr@mail.ru,

¹НАО «Торайгыров университет», ул. Ломова, 64, Павлодар, Казахстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Приводятся результаты исследования влияния использования флюсов на физико-химические свойства агломерата из прокатной окалины. Проведенные исследования показали целесообразность ввода в состав агломерационной шихты флюсов. Однако каждый флюс в виде кварцита или известняка (доломитизированного) дает свое преимущество. При использовании в качестве флюса кварцита рентгеннофазовый анализ и микрошлиф агломерата подтверждает присутствие металлического железа. Ввод известняка (доломитизированного) в агломерационную шихту позволяет получить офлюсованный агломерат. При использовании агломерата для выплавки металлов офлюсованный агломерат позволит вывести из печей известняк, вывод которого приводит к экономии значительного количества тепла, затрачиваемого на диссоциацию CaCO_3 и MgCO_3 , со-

ответственно экономится топливо. Образование магнезиоферрита ($MgFe_2O_4$), периклаза (MgO), глинозема в офлюсованном агломерате прежде всего связано с использованием известняка (доломитизированным). Магний, содержащийся в известняке, продиссоциировал с магнетитом до образования $MgFe_2O_4$ и MgO . Для подтверждения достоверности рентгенофазового анализа были исследованы образцы офлюсованного агломерата растровой электронной микроскопией с системой микроанализа INCA Energy. Также усредненный элементный состав спекта по данным EDS-анализа приведен на рисунках и в таблицах.

Ключевые слова: прокатная окалина, флюсы, аспирационная пыль, агломерация, спекание, железорудный агломерат.

Influence of the Use of Fluxes on the Physico-chemical Properties of the Agglomerate

¹**ZHUNUSOV Ablay**, Cand. of Tech. Sci., Professor, Head of Department, zhunusov_ab@mail.ru,

¹***KENZHEBEKOVA Anar**, Doctoral Student, kenzhebekova_psu@mail.ru,

¹**ZHUNUSOVA Aygul**, Doctoral Student, zhunusova.aig@mail.ru,

¹**BYKOV Petr**, Cand. of Tech. Sci., Professor, bykov_petr@mail.ru,

¹NCJSC «Toraighyrov University», Lomov Street, 64, Pavlodar, Kazakhstan,

*corresponding author.

Abstract. The results of a research of the fluxes usage effect on the physicochemical properties of sinter from mill scale are presented. The conducted studies have shown the expediency of introducing fluxes into the composition of the sintering charge. However, each flux in the form of quartzite or limestone (dolomitic) has its own advantage. When quartzite is used as a flux, X-ray phase analysis and microsection of the agglomerate confirm the presence of metallic iron. The introduction of limestone (dolomitic) into the sinter charge allows to produce a fluxed sinter. When using sinter for metal smelting, the fluxed sinter will allow limestone to be removed from the furnaces. The conclusion of which leads to the saving of a significant amount of heat spent on dissociation $CaCO_3$ and $MgCO_3$, thus saving fuel. Magnesio-ferrite formation ($MgFe_2O_4$), periclase (MgO), alumina in fluxed sinter is primarily due to the use of limestone (dolomitic). Magnesium contained in limestone dissociated with magnetite to form $MgFe_2O_4$ and MgO . To confirm the reliability of X-ray phase analysis, samples of the fluxed agglomerate were examined by scanning electron microscopy with the INCA Energy microanalysis system. Also, the average elemental composition of the sinter according to EDS analysis is shown in the figures and tables.

Keywords: mill scale, fluxes, aspiration dust, agglomeration, sintering, iron ore agglomerate.

REFERENCES

- Spanov S.S., Zhunusov A.K., Tolymbekova L.B. Steel pilot melting at LLP «KSP STEEL» using Ferro-Silica-Aluminum // Metallurgist, 2017. – Vol. 60. – Pp. 1149-1154.
- Shapovalov N.A., Zagorodnyuk L.H., Tikspekunova I.V., Shekina A.Yu. Racional'nye puti ispol'zovaniya staleplavil'nyh shlakov // Fundamental'nye issledovaniya, 2013. – No. 1-2. – Pp. 439-443.
- Tolymbekov M.Zh., Takenov T.D., Ahmetov A.B. Pryamoe legirovanie stali margancem. – Almaty: NIC «Gylym», 2003. – 304 p.
- Sereda B.P. Obrobka metaliv tiskom. Navchal'nij posibnik. – Zaporizhzhya: Vidavnictvo Zaporiz'koï derzhavnoï akademii, 2009. – 343 p.
- Isaev V.A. Ekonomicheskie i social'nye problemy obrazovaniya i ispol'zovaniya vtorichnyh resursov na stranicah zhurnala // Stal', 1991. – No. 4. – Pp. 79-82.

6. Granovskaya N.V. Tekhnogennye mestorozhdeniya poleznyh iskopaemyh: Uchebn. posobie. – Rostov-na-Donu: YuFU, 2013. – 93 p.
7. Malyshev Yu.N., Ryahovskij V.M., Bulov S.V., Ryahovskij A.V. Principy sozdaniya infrastruktury prostranstvennyh dannyh po tekhnogennym othodam gornopromyshlennyh proizvodstv // Gornaya promyshlennost', 2013. – No. 1 (107). – Pp. 104-106.
8. Ogorodnikova E.N., Nikolaeva S.K., Chernyaeva I.D. Osobennosti rasprostraneniya i sostav tekhnogennyh gruntov – othodov chernoj metallurgii // Geoekologiya. – 2000. – No. 1. – Pp. 53-58.
9. Voskoboynikov V.G. Obshchaya metallurgiya. – Moscow: IKC «Akademkniga», 2005. – 768 p.
10. Vilkul Yu.G. Pererabotka i kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya tekhnogennyh mestorozhdenij / Yu.G. Vilkul, A.A. Azaryan, V.A. Kolosov // Gornyj vestnik. 2013. No. 1 (96). Pp. 3-10.
11. Ogorodnikova E.N., Nikolaeva S.K., Chernyaeva I.D. Osobennosti rasprostraneniya i sostav tekhnogennyh gruntov – othodov chernoj metallurgii // Geoekologiya. – 2000. – No. 1. – Pp. 53-58.
12. Nosenko V.I., Filatov A.N., Nechkin G.A., Kobelev V.A. Ocenka effektivnosti primeneniya magnezial'nogo flyusa «Flyumag M» v aglodomennom proizvodstve // Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoy i ekonomicheskoy informacii. 2019. – T. 75. – No. 1. – Pp. 26-31.
13. Zhunusov A.K. Kenzhebekova A.E. Zhunusova A.K. Issledovanie polucheniya zhelezorudnogo aglomerata iz staleplavil'nyh othodov // HHII Satpaevskie chteniya: Sb. dokl. mezhd. nauch. konf. – Pavlodar: Torajgyrov universitet, 2022. – T. 13. – Pp. 43-47.
14. Vegman E.F. Metallurgiya chuguna / E.F. Vegman, B.I. Zherebin, A.N. Pohvisnev, Yu.S. Yusfin. – Moscow: Metallurgiya, 1978. – 480 p.