**ӘБЛІҚАС САҒЫНОВ АТЫНДАҒЫ ҚАРАҒАНДЫ ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

SAGINOV TECHNICAL UNIVERSITY 1953



**Пән атауы: Ферроқорытпалар өндіру технологиясының негіздері**

# Дәріс -7 «ФАСКБа ҚОРЫТПАСЫ»


**техника ғылымдарының докторы, профессор**

**НУРУМГАЛИЕВ АСЫЛБЕК ХАБАДАШЕВИЧ**


**Қарағанды, 2026**

# Дәріс №7
# ФАСКБа ҚОРЫТПАСЫ

**Дәріс мақсаты:** ФАСКБа балқымасымен танысу және зерттеу

**Дәріс жоспары:**

1. Ферроалюмосиликокальцидің бариймен зертханалық балқытулары



Кешенді лигатураларды қолдану - прогрессивті технологиялық тәсіл, алайда оның артықшылықтарын жүзеге асыру үшін 0,33-3,0 аралығында Ba/Ca қатынасы бар қорытпалардың композицияларын дұрыс таңдау қажет. Кешенді Ca - және Ba - бар қорытпалардың технологиясын жетілдіру жөніндегі бірқатар зерттеулер мен ұсыныстарға қарамастан, соңғылардың электротермиясы еңбекті көп қажет ететін үрдістерді қосуды жалғастырады және қымбат тұратын және тапшы шикізатты талап етеді. Барит кені қожды энергетикалық тиімді үрдістердің рөлін арттыру есебінен кешенді қорытпалардың карботермиясын интенсификациялайды. Осыған байланысты кальциймен және бариймен кешенді қорытпаларға қажеттіліктің өсуін ескере отырып, сондай-ақ ірі зертханалы және жартылай өнеркәсіптік жағдайларда барийлі кешенді қорытпаның электротермиясына интенсификатор ретінде барийлі материалдардың оң әсерін болжайтын теориялық зерттеулер негізінде шихтада кондициялы емес минералдық шикізатты (байытылмаған барит кендерін) және өндіріс қалдықтарын (домна қожын) пайдалана отырып.

**1. Ферроалюмосиликокальцидің бариймен зертханалық балқытулары**

36В кернеуінде қуаты 200кВ*А ірі зертханалы бір фазалы электр пешінде ФАСКБа қорытпасының екі сериясы өткізілді. Шихта материалдары ретінде Карметкомбинаттың домна қожы, кварцит, барит кені, кокс және құрамында қоспасы бар алюминий ретінде Қарағанды тас көмірінің жынысы қолданылды. **Барит кендері.** Біздің елімізде силикобарий ферроқорытпаларын алу үшін жарамды физикалық жағдайы, химиялық құрамы және металлургиялық сипаттамалары бойынша барит кендерінің едәуір қоры бар. Барит кендерін құрамы бойынша үш топқа бөлуге болады: құрамында 60% астам барит бар монобарит; баритокварцты (30-60% $BaSO_4$ в, 40-60% $SiO_2$); баритекті немесе карбонатты (25-60% $BaSO_4$, 10-50% $CaCO_3$), олардың барлығы құрамында барий бар қорытпаларды алу үшін жарамды. Монобарит кендері жартылай өнеркәсіптік, ал баритокварцитті - жартылай өнеркәсіптік және өнеркәсіптік жағдайларда қорытпалары барийлерді балқытуда сәтті сыналған. Комбобассор кен орны ұзындығы 580м, ені 1,1-ден 13м-ге дейінгі кварц-баритті кен орны ретінде көрсетілген. Кен денесіне ірі кристалды барит, кальцит және кварцит кіреді. Ілеспе жыныстар кен денесіне айтарлықтай енбейді, онда $BaSO_4$, $SiO_2$ құрамы тиісінше 32,3-83,4 және 10,6-60,4% шегінде өзгереді, бұл ретте олардың әрбір сынамадағы сомасы 90%-дан асады.

Кен орнының барит кенінің қоры - орташа құрамы 59,6% болатын 200 мың т. астам. Джалаир кен орны негізінен барий сульфатымен (баритпен), бірнеше аз мөлшерде кварц, кальцит, гипс кездеседі. Зерттеудің сыртқы түрі мен химиялық - минералогиялық мәліметтері бойынша ауқымды барит кендері, кварцты - және кремнийлі - барит кендері, баритизирленген, баритизирленген, әктасты, кварцты - дала шпатты әктастар, кремнийлі - сазды және әктасты алевролитоглинді сланецтер бөлінеді. Қатардағы сынамалардағы барит мөлшері 19,2-88,12% шегінде ауытқиды, ал жекелеген сынамаларда 92,4%-ға (орташа құрамы 50-61%), кремний - 6-12-23-68%-ға дейін, орта есеппен 35%-ға жетеді. Бұл кендерде барит - ең көп таралған минерал. Барит пен халцедондағы жарықтар, қуыстар мен тесіктер темір және марганец тотықтарымен немесе серицит пен хлориттің қабыршықтарымен орындалған. Кейде барит кристалдары кен минералымен (магнетит немесе гематит) цементтеледі. Қоңыр түс жарықтар бойынша дамитын темір гидроксидінің баритіне негізделген. Тәжірибелік балқытуда пайдаланылған материалдардың химиялық құрамы төменде көрсетілген, %:

| | $SiO_2$ | CaO | BaO | $Al_2O_3$ | MgO | $Fe_{орт}$ | P | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Домна қожы | 35,3 | 39,0 | 1,2 | 13,2 | 7,5 | 1,0 | 0,05 | 0,75 |
| Барит кені | 33,7 | 2,0 | 42,0 | 1,0 | н/о | 0,95 | 0,02 | 8,57 |
| Кварцит | 93,7 | 0,8 | - | 1,3 | 0,1 | 2,71 | 0,04 | 0,01 |
| Кокс күлі | 60,0 | 2,6 | - | 22,7 | 1,6 | 6,5 | 0,11 | 0,85 |
| Жыныс | 53,7 | 3,9 | 2,4 | 23,8 | 1,9 | 7,7 | 0,03 | 0,97 |

Жыныс пен кокстың техникалық анализі, %: күлділігі - 26,4; 62,0; ұшуы - 2,3; 13,3. ФАСКБа колошында қорытпаларды балқытуға арналған шихтаны есептеу оның минералдық құрамдас бөлігінің іс жүзінде толық қалпына келтірілуін және 0,5 еселігі бар қождың аз мөлшерін алуды ескере отырып жүргізілді,

бұл шихтаның минералды компонентінің балқытпалардың бірінші сериясындағы 3,0-3,1 қатты көміртекке және екінші сериядағы 2,7-2,9 қатысты қожсыз дерлік (<0,1 еселігі) қатынасына сәйкес келеді. Балқыма сериялары бойынша колоштағы шихтаның құрамы келесідей болды, кг: 5-6 және 6 кокс ($A^c$=26,4%), 2 және 3 жыныс ($A^c$=62,0%), 5-4 және 4 домна қожы мен кварцит, 2 және 3 барит. Балқытудың екі сериясында балқытудың ерекшеліктеріне байланысты шихтаны түзету негізінен кварцит ілімінің өзгеруімен жүргізілді. Бастапқы деректер мен тәжірибелік балқымалардың нәтижелері кестеде көрсетілген 1 және 2. **Балқымалардың бірінші сериясы.** Құрамы шикіқұрамында балқытуды бастады, кг: 5 кокс, 5 домна қождары мен кварциттен, колоштағы 2 барит кендері, бұл минералдық құрауыштардың қатты көміртекке жалпы қатынасына сәйкес келеді, 3,6 тең. Мұндай шихтада жұмыс істегенде пеште көп қож пайда болды. Ол жылудан әрең шығып, металл шығаруға кедергі жасады, салыстырмалы суық және құрамында кальций, алюминий, барий бар. Балқытуды түзету үшін колошадағы кокс ілімі 6кг-ға дейін ұлғайтылды, қож бен кварцит 4кг-ға дейін азайтылды. Шихтадағы қорытпадағы алюминийдің мөлшерін арттыру үшін Қарағанды көмірінің жынысы (колошта 2кг) енгізілді. Пештің жұмысы жақсарды, металл мен қож белсенді және ыстық болып шыға бастады. Біркелкі газ бөлу колошниктің барлық бетін қамтыды. Шихта өздігінен шығып кеткен жоқ, оны мәжбүр етті, бұл пеш ваннасының температурасын жылудың жоғалуына байланысты төмендетті. Бұл кезеңде пештің электр режимі тұрақтанды, бірақ электр энергиясының шығыны жоғары болды, бұл колошник арқылы жылудың көрсетілген шығындарымен түсіндіріледі. Бұл қорытпаға қалпына келтірілетін элементтердің төмен ауысуын анықтады, %: 41 кремний, 16 кальций, 19,4, 21,6 барий (кесте 1). Соңғысы қождың жоғары мөлшерінің пайда болуымен (жиілігі 0,4-0,6) байланысты, бұл пеш ваннасындағы температуралық деңгейді төмендетті. Балқымалардың бірінші сериясында 55,6кг құрам қорытпасының, массаның шикіқұрам материалдарының жоғары шығыны кезінде алынған. %: 43,3 кремний, 6,6 кальций, барий 5,2, 3,5 алюминий. Алынған қож, %: 35-38 $SiO_2$; 24-33 CaO; 12-18 $Al_2O_3$; 4-8 BaO. **Балқымалардың екінші сериясы.** Қорытпалардың бірінші сериясының нәтижелерін талдау негізінде, онда электротермияның төмен технологиялық параметрлері алынды,

екінші сериялы шикіқұрам тотық бөлігінің толық қалпына келтірілуін есепке ала отырып жасалды, бұл оның құрамдас бөліктерінің колоштағы, кг: 6 кокс, 3 жыныстан және бариттен, 4 қож бен кварциттен құрамына сәйкес келді. Шихтаның бұл құрамы тәжірибелі балқымалардың соңына дейін өзгерген жоқ. Үрдіс тұрақты электр режимімен, шихтадағы электродтарды қанағаттанарлық тереңдетумен, балқыту өнімдерінің тұрақты шығуымен сипатталды. Пештен металл белсенді және ыстық болды. Колошниктегі шихталар іс жүзінде асығыс емес, колошник ашылмады, газ өткізгіштігі оның барлық беті бойынша біркелкі болды. Балқымалардың екінші сериясындағы колошник арқылы жылу шығыны бірінші болып қарағанда аз болды.

| Ауысым (балқыту сериясы) | Барлығы, кг | | Колош құрамы, кг | | | | | Колош саны |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Металл | Қож | Кокс | Жыныс | Кварцит | Қож | Барит | |
| 1-ші серия | | | | | | | | |
| 1 | 21,15 | 6,05 | 47 | - | 41,5 | 45 | 18 | 9 |
| 2 | 6,85 | 4,65 | 10 | - | 8 | 10 | 4 | 2 |
| 3 | 8,9 | 3,2 | 19 | 4 | 12 | 14 | 6 | 3 |
| 4 | 3,6 | 4,0 | 20 | 6 | 11,5 | 11,5 | 6 | 3 |
| 5 | 12,4 | 10,1 | - | - | - | - | - | - |
| 5 ауысым | | | | | | | | |
| | 55,6 | 28,0 | 96 | 10 | 73 | 80,5 | 34 | 17 |
| 2-ші серия | | | | | | | | |
| 1 | 12,8 | - | 12 | 6 | 8 | 8 | 6 | 2 |
| 2 | 9,3 | - | 6 | 3 | 4 | 4 | 3 | 1 |
| 3 | 10,6 | 0,1 | 12 | 6 | 8 | 8 | 6 | 2 |
| 4 | 11,8 | 0,4 | 12 | 6 | 8 | 8 | 6 | 2 |
| 5 | 10,72 | - | 3 | 1,5 | 2 | 2 | 1,5 | 0,5 |
| 5 ауысым | | | | | | | | |
| | 55 | 0,5 | 45 | 22,5 | 30 | 30 | 22,5 | 7,5 |

| Көрсеткіштер | 1 серия | 2 серия |
|---|---|---|
| Науқан ұзақтығы, ауысым | 5 | 5 |
| | 40 | 40 |
| сағ | 36 | 36 |
| Жұмыс кернеуі, В | 55,6 | 55 |
| Қорытпа алынды, кг | | |
| Қорытпаның орташа құрамы, мас. % | 43,3 | 48,0 |
| Кремний | 6,6 | 14,1 |
| Кальций | 3,5 | 8,3 |
| Алюминий | 5,2 | 11,6 |
| Барий | 0,8 | 1,9 |
| Магний | 1,1 | 1,0 |
| Марганец | 0,7 | 1,2 |
| Көміртек | 0,057 | 0,098 |
| Күкірт | 0,063 | 0,082 |
| Фосфор | Ост. | Ост. |
| Темір | | |
| Материалдар шығыны, кг/кг қорытпаның | 1,45 | 0,55 |
| Домна қожы | 1,31 | 0,55 |
| Кварцит | 0,61 | 0,41 |
| Барий | 1,73 | 0,82 |
| Кокс | 0,18 | 0,41 |
| Жыныс | | |
| Қорытпаға шығару, % | 41,0 | 80,2 |
| Кремниді | 16,0 | 70,3 |
| Кальциді | 19,4 | 70,7 |
| Алюминиді | 21,6 | 72,7 |
| Бариді | 0,5 | 0,01 |
| Қож еселігі | | |

Осы кезеңде метал ыстық, оның негізгі компоненттерінің тұрақты концентрациясы бар. Қорытпадағы кальций, алюминий және барий мөлшері тиісінше 16,2, 10,0 және 13,8%-ға дейін өсті. Бұл элементтерді қорытпаға шығару жоғары болды - 70% кальций мен алюминийден, 73% барийден. Бұл шихта компоненттерінің толық қалпына келгенін көрсетеді. Балқымалардың екінші сериясындағы қорытпа қож қосылыстары бойынша таза болды, ұзақ сақтағанда шашылмады. **ФАСКБа қорытпасының тәжірибелік қорытпаларының нәтижелері.** Балқымалардың бірінші сериясында негізгі компоненттерінің төмен құрамы бар қорытпа алынды: пеш ваннасындағы температураның жеткіліксіз болуы салдарынан 6,6% кальций, 5,2% барий және 3,5% алюминий. Температура режиміне шихталық материалдардың үлкен шығыны әсер етті, себебі колошниктің ыстық жұмысы (шамадан тыс қож түзілуі) және онда жыланкөздердің пайда болуы (колошник арқылы жылудың үлкен шығыны). Балқымалардың екінші сериясында соңғы қождың өте шектеулі шығысына көміртегімен минералды бөлігін толық қалпына келтіруді есепке ала отырып есептелген шихта қолданылды. Қалпына келтіргіштің ілмесі тұрақты болды (6кг), шихтаның кен бөлігі сияқты: 4кг қож бен кварциттен, 3кг барит пен колош көмір жынысынан. Бұл жағдайларда шихталық материалдардың аз шығыны мен науқандардың бірдей ұзақтығы кезінде бірінші сериядағы сияқты, бірақ негізгі компоненттердің неғұрлым жоғары концентрациясы бар қорытпаның мөлшері алынған. Қорытпа, мас. %: 48,0 кремний, 14,1 кальций, 11,6 барий, 8,3 алюминий, 3 магний және марганец, 0,098 күкірт, 0,082 фосфор, қалғаны - темір. Құрамында 30кг қож бен кварцит, 22,5кг барит пен көмір жыныстары, 45кг жоғары күл коксі бар 7,5 шихтаның колошалары жұмсалды, бұл бірінші серияға қарағанда үш есе аз. Материалдардың меншікті шығыны 0,55кг қож және кварцит, 0,41кг барит пен жыныстан және 1кг қорытпаға 0,82кг кокс құрады, бұл да бірінші сериядан әлдеқайда төмен. Балқымалардың екінші сериясында кальцийді жоғары (70%-ға дейін) шығару барийдің қорытпаға көшуіне қолайлы әсерімен түсіндіруге болады. Зертханалық жағдайда электр энергиясының меншікті шығынын технология көрсеткіші ретінде қабылдауға болмайды, себебі қуаттылығы аз пештердің (200кВ*А) электр жұмыс режимі колошник арқылы жылудың үлкен шығындарына байланысты неғұрлым қуатты (1200кВ*А және одан жоғары) пештер үшін осындайларды модельдемейді.

Тәжірибелі қорытпада зиянды қоспалар - күкірт және фосфор бойынша жоғары тазалық. Фосфордың төмен құрамы - оның бастапқы материалдардағы аз шоғырлануының салдары. Қорытпадағы күкірттің төмен мөлшерінің себебі - онда кремний концентрациясының жоғары болуы және қорытпада ерімейтін кальций мен барийдің термодинамикалық берік сульфидтерінің пайда болуы. Қорытпадағы көміртектің құрамы күкірт сияқты кремний концентрациясымен анықталады. Сілтілі жер металдары бар кремний мықты химиялық қосылыстар - силицидтер құрайды, оларда көміртек, күкірт және басқа қоспалар ерімейді. Қорытпаның салыстырмалы тұрақты құрамы - балқытудың тұрақты жүрісінің көрсеткіші және қуаттылығы аз пеш үшін. ФАСКБа қорытпасын балқыту үрдісі негізінен колошниктің (біркелкі газ өткізгіштігімен) және летканың (балқыту өнімдерінің тұрақты шығуымен) қалыпты жұмысымен сипатталды, бұл электродтың тұрақты және өте терең қонуын және колошник температурасының төмендеуін қамтамасыз етті: жылу шығынын азайту. Мысалы, барий, жоғары емес, бұл электр доғасының жануын жақсартады және пеш ваннасындағы қуаттың қайта таралуына ықпал етеді: доғадағы оның үлесі өсіп, колошникте және шихтада бөлінетін болады. Бұл электр балқыту режимін тұрақтандырады және оның электр және технологиялық параметрлеріне қолайлы әсер етеді. Ірі зертханалық балқымалармен шикіқұрамда домна қожын және байытылмаған барит кендерін қолдана отырып, барийі бар ферроалюмосиликокальцийдің кешенді қорытпасын алудың принципті мүмкіндігі көрсетілген. Тәжірибелік зерттеулердің салыстырмалы жоғары нәтижелері барийдің құрамында кальцийсі бар ферроқорытпалардың карботермиясына қолайлы әсері туралы белгілі алғышарттарды растайды. Кремний, алюминий, кальций және барий сияқты белсенді элементтердің 90%-ға дейінгі қорытпасы алынды. Оң нәтижелері бар тәжірибелі қорытпа 35хгсл құйма болатты өңдеу кезінде қышқылдандырғыш, десульфуратор және модификатор ретінде зауыттық жағдайларда сыналды.

## Әдебиеттер тізімі

1. Друинский М.И., Жучков В.И. Получение комплексных ферросплавов из минерального сырья Казахстана. - Алма-ата: Наука, 1988.С. 8-14.
2. Колпаков С.В. // Сталь. 1982. №7. С. 2-6.
3. Лунев В.В., Аверин В.В., Щульте Ю.А. // Теортия и практика получения и применения комплексных ферросплавов. Тбилиси, 1974. С. 156-161.
4. Строганов А.И. // Производство ферросплавов: Сб. Сибирского металлургич. ин-та. Новокузнецк, 1980. С. 5-24.
5. Казачков И.И. // Легирование стали. Киев, 1982. 120с.
6. Морозов А.Н., Хитрик С.И. // Производство ферросплавов: Сб. №2. М., 1973. 400с.
7. Гасик М.И., Игнатьев В.С., Гасик Л.Н. // Структура и качество промышленных ферросплавов и лигатур. Киев, 1975. 152с.
8. Строганов А.И., Рысс М.А. // Производство стали и ферросплавов. М., 1974. 400с.
9. Жучков В.И. // Совершенствование технологии производства марганцевых сплавов. Тбилнсин, 1983. С. 109-114.