

6D070900 - «Металлургия» мамандығы бойынша
философия докторы PhD дәрежесін алу үшін диссертацияға
АНДАТПА

Макаев Талгат Саятұлы

**Кушоқы көмір кен орнының шикізатынан ферросиликоалюминийді
балқыту технологиясын зерттеу және әзірлеу**

Зерттеудің өзектілігі қазіргі кезде Қазақстан Республикасының жағдайында күрделі ферросилико-алюминий қорытпасын балқыту жүргізілмегендігімен байланысты. Сонымен бірге бұл қорытпаны жоғары күлді көмірлерді қолдану арқылы балқыту технологиясы жасалып игерілді.

«Сары-Арқа» еркін экономикалық аймағының (Қарағанды қ.) өндірістік алаңында ферроқорытпа зауытын (ЖШС «Қарағанды кешенді қорытпалар зауыты») салуға байланысты, зауытқа ең жақын орналасқан Кушоқы көмір кен орнының көмір шикізаттарын пайдалану экономикалық тұрғыдан негізделген болады. Осы бөлімнің тауарлық көмірлері энергетикалық мақсаттарда пайдалану үшін өндіріледі, бірақ оларды ферроқорытпаны өңдеуде қолдану жүзеге асырылмады. Демек, құрамында 40- 45% күл болатын көмірден 60-65% кремний және 9-15% алюминийден тұратын жоғары кремнийді ФСА маркаларын балқыту болашағы зор бағыттардың бірі болып табылады. Бұл қорытпа маркалары (ФС65А10 және ФС65А15) өндірілмеген және оларды балқыту технологиясы жасалмаған.

ФСА балқыту технологиясының өнеркәсіптік дамуына қарамастан, ыдырауға бейім қорытпа композицияларының механизмі мен бағыттары әлі қалыптасқан жоқ, бұл өндірістің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін едәуір төмендетеді. Бұл мәселені шешу үшін Fe-Al-Si жүйесінің термодинамикалық-диаграммалық анализін қолдана отырып теориялық және эксперименттік зерттеулер кешенін жүргізу қажет

ФСА қорытпасы негізінен қарапайым және төмен легіріленген болат маркаларын өңдеу үшін пайдаланылды. Қорытпалы болат маркаларын өңдеу үшін ФСА қолдану негізін құру үшін соңғы болат бұйымының механикалық қасиеттерін зерттей отырып, сынақтан өткізу керек.

Диссертациялық жұмыста қойылған міндеттерді жүзеге асыру Кушоқы көмірінің қолданылуын бағалауға және жоғары кремнийлі ФСА маркаларын балқыту технологиясын жасауға мүмкіндік береді. Құйылатын легіріленген композициялардың механизмі мен аудандарын анықтауға, сонымен қатар легіріленген болат маркаларын өңдеу үшін ФСА қолдануға мүмкіндік береді.

Жұмыс мақсаты. Кушоқы кен орнындағы көмірлерді зерттеу және ФСА-ның жоғары кремнийлі маркаларын балқыту технологиясын жасау, сонымен қатар Fe-Al-Si жүйесінің термодинамикалық-диаграммалық талдауы негізінде тұрақты қорытпа композицияларын анықтау.

Зерттеудің міндеттері. Осы мақсатқа сәйкес диссертацияда келесі қосымша міндеттер орындалды.

- Кушоқы көмірінің жоғары күлді сорттарының салыстырмалы физикалық-химиялық және электрофизикалық қасиеттерін және 750-1650 ° С температуралық диапазонда көмірдің негізгі бөлігінде түзілген фазалардың құрамын зерттеу;

- ФСА қорытпасын балқыту кезінде мүмкін болатын механизмді және кремний мен алюминий оксидтерінің тотықсыздану реакцияларының басталуын нақтылау;

- Fe-Al-Si жүйесінің термодинамикалық диаграммалық анализі негізінде жеке композициялардың ФСА қорытпасының ыдырауының мүмкін механизмін анықтау;

- Cr40 және 30CrNi₂Mo маркалы легірленген болатты өңдеу үшін ФСА қорытпасын пайдалану мүмкіндігін анықтау үшін зертханалық зерттеулер мен өндірістік сынақтарды өткізу

- 200 кВА электр пешіндегі ауқымды зертханалық сынақтар негізінде ФСА (ФС65A10 және ФС65A15) жоғары кремнийлі балқытудың технологиялық режимдерін әзірлеу.

Ғылыми жаңалық. Бұл диссертациялық жұмыста алғаш рет:

- кушоқы кен орнындағы көмірдің жоғары күлді сорттарына физикалық-химиялық зерттеулер жүргізіліп, ферросилико-алюминий қорытпасын балқытудың басқа көмір кен орындарынан бұрын қолданылған көмір шикізатымен салыстырғанда қолданылуына баға берілді;

- жоғары температуралы жылыту жағдайындағы зерттеулер негізінде алғаш рет жоғары күлді көмірдің негізгі бөлігіндегі фазалық трансформациялардың механизмі анықталды және кремний диоксидінің газдануы мен кремний карбиді мен муллит түзілуінің басталу температурасы анықталды. Көмірдегі барлық бос кремний диоксиді кремний карбидіне айналатыны және қалдық конденсацияланған фазалары кремний карбиді, муллит және қатты көміртегі екендігі анықталды;

- алғаш рет Fe-Al-Si жүйесінің триангуляциясы негізінде лебоиттың (FeSi₂ В) метастабильді жоғары температура фазасының және FeAl₃Si₂ үштік қосылысының бірлескен кристалдануы жүретін ФСА қорытпасы құрамының критикалық аймағы құрылды. Бұл аймақта қорытпалардың бұзылуы (FeSi₂ В) фазасының сегрегациясы және оның көлемінің ұлғаюымен одан әрі қайта кристалдануының салдары екендігі анықталды;

- 200 кВА қуаты бар электр пешіндегі ауқымды зертханалық сынақтар Кушоқы көмірлерінен ФСА жоғары кремний маркаларын балқытудың технологиялық режимдерін жасады. ФС65A10 және ФС65A15 қорытпаларын балқыту кезінде көміртектің артық мөлшері стехиометриялық шығынға қатысты 10-15% құрайтыны анықталды;

- арнайы болаттарға арналған металлургия зауыты жағдайында (Хинин, Қытай), бірінші рет ферросиликон және металл алюминийдің орнына 40Cr легірленген болатты ФСА қорытпасымен өңдеуге сынақтар жүргізілді. ФСА-дан кремний мен алюминийді қолданудың салыстырмалы өсімі және қорытпаның жоғары экономикалық тиімділігі анықталды. Легірленген

болаттарды өңдеу үшін ФСА қорытпасын пайдаланудың негізгі мүмкіндігі Cr40 және 30CrNi2Mo маркалары мысалында анықталды.

Жұмыстың практикалық құндылығы.

- жүргізілген зерттеулер нәтижесінде ферросиликоалюминий қорытпасын балқытуға арналған Кушоки көмір кен орнының көмір шикізатының сәйкестігі орнатылды, оның «КЗКС» ЖШС зауытына жақындығы көлік шығындарын азайтуға көмектеседі;

- изотермиялық экспозициялар жүргізу арқылы Кушоки көмірлеріне қатысты кремний диоксидінің тотықсыздануының басталуы 1450-1500 °C температура шегінде, ал алюминий оксидінің тотықсыздануы тек муллиттен болатындығы анықталды;

- Fe-Al-Si жүйесінің триангуляциясы негізінде ыдырауға ұшырайтын ФСА қорытпасы құрамдарының критикалық аймақтары анықталады. ФСА қорытпасынан тұрақты композициялар ұсынылды;

- үлкен масштабтағы зертханалық зерттеулер Кушоки көмірін ФСА балқыту үшін қолдану мүмкіндігін анықталды, жоғары кремнийлі ФСА балқытудың технологиялық режимдері анықталды;

- зертханалық зерттеулер мен өндірістік сынақтар қорытпалы болатты өңдеу үшін, әсіресе 40Cr және 30CrNi₂Mo маркалары үшін ФСА қолдану мүмкіндігін анықтады.

Қорғауда көрсетілетін ережелер:

- кушоки кен орнынан жоғары күлді көмірдің салыстырмалы физикалық-химиялық қасиеттерін зерттеу нәтижелері;

- 1650 °C температураға дейін қыздырған кезде көмірдің фазалық құрамының өзгеру нәтижелері;

- Fe-Al-Si жүйесінің термодинамикалық-диаграммалық анализінің нәтижелері және кристалдану кезінде ФСА қорытпасының негізгі фазалық композицияларын анықтау;

- ФСА-ны 200 кВА электр пешінде балқытудың ауқымды зертханалық сынақтарының нәтижелері;

- Cr40 және 30CrNi₂Mo маркаларын легирленген болатты өңдеу кезінде ФСА қорытпасын қолдану бойынша зертханалық зерттеулер мен өндірістік сынақтардың нәтижелері.

Жұмыс Қарағанды техникалық университетінің «Нанотехнология және металлургия» кафедрасында және «Кушоки карьерінен алынған жоғары күлді көмірдің үлгілерін, ферросилико алюминийдің әр түрлі маркалары мен ферросилико алюминий қорытпасымен өңделген болаттарды металлографиялық және петрографиялық зерттеу» келісімшарттық тақырып аясында Ж.Абишева атындағы Химия-металлургия институтында жүргізілді (жауапты орындаушы).

Жұмыстың апробациясы, басылымдар: Диссертациялық жұмыста негізгі ғылыми нәтижелері 9 баспада жарияланған:

- ҚР БҒМ БҒССҚК баспасында ғылыми қызметтің негізгі нәтижелерін жариялау үшін 3 мақала жарық көрді (1 мақала – «ҚазҰТЗУ Хабаршысы»,

Алматы, Қазақстан; 1 мақала – «Д. Серикбаева атындағы ШҚТУ хабаршысы»,
Өскемен қаласы, Қазақстан, Ресей журналында 1 мақала - «Вестник ИрМТУ»);
- 2 мақала Scopus мәліметтер базасына енгізілген «Metalurgija»
журналында (Загреб, Хорватия), процентилі – 57.

Негізгі нәтижелер туралы 4 халықаралық ғылыми-практикалық конференцияда айтылды:

- 2 тезис «Ғылымның, білімнің және өндірістің интеграциясы - Ұлт жоспарын іске асырудың негізі» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференцияда (Сағынов оқулары № 10 және № 11), Қарағанды, Қазақстан Республикасы;

- 1 баяндама «Жаратылыстану саласындағы инновациялар - Қазақстанның экспортқа бағытталған индустрияландыру негізі» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында, Алматы қ., Қазақстан Республикасы;

- 1 баяндама, «Conduct of modern science 2019» XV халықаралық ғылыми-практикалық конференцияда, Шеффилд, Англия.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі: кіріспеден, негізгі бөлім 6 тараудан, қорытындыдан, 3 қосымшадан тұрады. Диссертация көлемі 135 бет мәтінді құрайды, жұмыста 23 сурет, 40 кесте бар, пайдаланылған әдебиеттер 94 атаудан тұрады.