ӘБЛІҚАС САҒЫНОВ АТЫНДАҒЫ ҚАРАҒАНДЫ ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

SAGINOV TECHNICAL UNIVERSITY 1953



Пән атауы: Ферроқорытпалар өндіру технологиясының негіздері

Дәріс -3 «АМС ҚОРЫТПАСЫ»

техника ғылымдарының докторы, профессор

НУРУМГАЛИЕВ АСЫЛБЕК ХАБАДАШЕВИЧ

Қарағанды, 2026

Дәріс №3
АМС ҚОРЫТПАСЫ

Дәріс мақсаты: АМС балқымасымен танысу және зерттеу

Дәріс жоспары:
1. АМС қорытпасының құрамы және оның өндірістік сипаты
2. АМС қорытпасын алу технологиясы



1. АМС қорытпасының құрамы және оның өндірістік сипаты. Кешенді оттексіздендіргіштерді(раскилители) қолдану 1933 жылы сапалы болаттарға арналған Бүкілодақтық съезде танылды. Алайда, АМС сияқты қорытпалар мезгіл-мезгіл дайындалады. Зерттеулер көрсеткендей, АМС қорытпаларын және басқа да күрделі қорытпаларды болатты оттексіздендіру алу арқылы қолдану өте тиімді. Легірленген хром болатының қалдықтарын АМС қорытпасымен оттексіздендіру арқылы 3 есе азайтады, болаттың сапасын жақсартады және өзіндік құнын азайтады. АМС қорытпасымен оттексіздендіру кезінде ферромарганецтің, ферросилицийдің және алюминийдің оттексізденуімен салыстырғанда, төмен мөлшердегі металл емес қосындылары бар болатты өндіру тиімді. АМС қорытпасының оптимальді құрамы,%: 10 Mn, 10 Si, 10 Al және 20 Mn, 20 Si, 10 Al. Зерттеу барысында диффузияланған болат шөгінділерінің оттексіздендіруді АМС қорытпасымен алмастырып қолданғанда Mn:Si:Al қатынасы 4:1:0,4 тең, кезеңнің басында ең алдымен оттексіздендіруді жылдамдату және де десульфурация ұзақтығын қысқартуға, металл емес қосындыларды жоюға мүмкіндік береді. Бұл технологияны құрылымдық болаттарды балқытуға енгізу ұсынылады. А.М. Самарин сұйық болатта бірге болған кезде элементтердің оттексіздену қабілеттілігін белгілеудің басымдығын көрсетеді және АМС сияқты оттексіздендіргіш заттарды пайдалану мүмкіндігін атап көрсетеді. АМС қорытпасындағы Mn: Si арақатынасының артуымен болатта оксидтің қосындысы оттексіздендіру кезінде азаяды деп қорытынды жасалды. Металл қышқылымен оттексіздендірілген Mn:Si:Al 6:1:0,25 тең қатынасы, Mn:Si:Al=1:1:0,25 тең қатынасымен салыстырғанда 3 есе аз тотықтар түзеді. АМС қорытпасы оңтайлы деп аталады, егер бұл арақатынас 1:1:1 немесе 1:1:0,5 болса. Авторлар АМС қорытпасынан орта көміртекті болатты оттексіздендіруді зерттеді. Келесі құрамдағы қорытпаларды пайдаланды, %: 33-62 марганец, 8,5-33 кремний, 3-10 алюминий; 12 марганец, 10 кремний, 21 алюминий; 54 марганец, 10 кремний, 10 алюминий; 42-58 марганец, 8-12 кремний, 21-38 алюминий. Авторлар АМС қорытпаларымен оттексіздендіру марганец, кремний және алюминиймен бөлек оттексіздендіруден гөрі жақсы нәтиже беретінін атап көрсетеді.

Қоспалардың ең аз мөлшері алюминийдің жоғары құрамы бар АМС қорытпалары арқылы алынды. Авторлардың пікірі бойынша, қорытпалардағы марганецтің құрамының көбеюі болаттың оксидінің қосылыстарына әсер етпейді. Сондай-ақ, АМС қорытпаларын қолданған кезде, марганец оттексіздендіру процесіне қатыспаған, себебі металға салыстырмалы төмен оттегі құрамымен (0,02-0,03%) алюминийдің айтарлықтай саны бар АМС қорытпалары енгізілген. Жұмыстарда түрлі тәсілдермен алынған АМС қорытпаларымен болаттың оттексіздендірілуі зерттелді: 1. Астыңғы бөлігіне өткізетін бір фазалы шахталы кентермиялық электр пештерінде балқыту. Шихта марганец кенінен, бокситтерден, кварциттен, темір жоңқаларынан және көмірден тұрады. Алынған қорытпа құрамы, %: Mn-25,2-26,7, Si-12,6-13,2, Al-5,3-5,7, C-3,6, P-0,4, S-0,01. 2. Пештен тыс алюмотермиялық процесспен балқыту. Қоспа құрамы марганец кені, кварцит, темір тотығы, калий нитраты және алюминий. Қорытпа құрамы келесідей болды , %: 22,24 Mn, 15,45 Si, 5,40 Al, 0,28 P, 0,019 S, 0,21 C. Бұл әдіс алюминийдің жоғары шығынымен байланысты. 3. Балқыту әдісі. Бастапқы материалдар ретінде көміртекті ферромарганец, 45% ферросилиций, алюминий және болат жоңқалары қолданды. Қорытпа құрамы, %: 23-27 марганец, 12-19 кремний, 5,6-5,8 алюминий, 0,25 фосфор, 0,15 күкірт, 1,8 көміртек. Болаттың оттексіздендіру дәрежесі (дайын болат құрамындағы оттегі және металл емес қосындылар) АМС қорытпаларын өндіру әдісіне байланысты емес, ал болаттың АМС қорытпаларын пайдалана отырып қосындылар бойынша тазалығы жеке оттексіздендірумен салыстырғанда артады. Автордың айтуы бойынша қорытпа құрамының өзгеруі металды кірлендіруге (загрязненность) әсер етпейді. Жұмыс кезінде 5% алюминиймен, 10% кремниймен және марганецтің айнымалы мөлшерімен АМС қорытпасы бар болатты оттексіздендіру зерттелді. Жеке оттексіздендірумен салыстырғанда, оттегі және қосындылар бойынша болаттың тазалығының өсуіне айтарлықтай қол жеткізілді. Д.Я. Поволоцкий және басқалары 100 тонналық мартен пештерінде 18ХНТ және 15ХГНТА болаттарының алдын-ала оттексіздендіру үшін АМС қорытпасын (15 кг/т) қолданды. Ұсақ шашыраңқы кірмелері басым болат алды, металл сынықтары металл емес қосындылардың өрескел жиналуына байланысты төмендеді.

Челябинск металлургия комбинатында мартен пештерінде болат құю кезінде АМС қорытпаларын алдын-ала оттексіздендіру сәтті жүзеге асырылды. И.П. Казачков және басқалары 75-78% Mn, 11-13% Si, 4,5-5,5% Al және 74% Mn, 16%Si, 4% Al, 1,5% C құрамдағы қорытпаларды шөміште оттексіздендіруге қолданды. 10 және 20 құбырлық болаттарды 90 тонналық пештерде алдын-ала оттексіздендірусіз өндірді. Шөмішке АМС қорытпаларымен қатар 45% ферросилиций және алюминий енгізілді. АМС қорытпасын пайдалану болаттың металл емес қосындыларын азайтуға, сынықтардың азаюына, болаттың пластикалық қасиеттерінің көбеюіне мүмкіндік берді. Кесектің биіктігіне металл емес қоспаларды бөлу біркелкі болды (қарапайым оттексіздену кезінде құйманың жоғарғы жағы төменгі бөліктен қарағанда әлдеқайда үлкен металл емес қоспалармен ластанған). 38% марганец, 37% кремний және 8% алюминий құрамдағы АМС қорытпасы шөміште көміртексіздендірілген болатты оттексіздендіруге қолданылды, бұл болаттың ластануының төмендеуіне алып келді. Электр доғалық пештерде болат балқыту кезінде АМС қорытпаларын пайдаланудың тиімділігі бірқатар жұмыстарда зерттелген. 12ХНВА және 18ХНВА болат балқыту кезінде қуаты 10, 20 және 25 тонна пештерде тотықсыздану кезеңінің басында металға 60-65% марганец, 16-17% кремний, 6-7% алюминий бар АМС қорытпалары енгізіледі. Оттексіздендіруді тұндыру үшін Mn-Si-Ca қорытпасы және силикомарганец сыналды. Күрделі оттексіздендіргіш құралдарды қолдану тотықсыздандыру кезеңінде металды оттек пен қоспадан тазартады, әдеттегі диффузиялық оттексіздендіргішпен салыстырғанда жылдамдатады және ол таза металл алуға мүмкіндік береді. 25-тонналық доғалық пеште қайта балқыту арқылы 45ХНМФА болатының балқыту кезінде 71,5% марганец, 19,3% кремний және 6% алюминий бар АМС қорытпасы қолданылған. АМС қорытпасы бар пештегі болаттың алдын-ала оттексіздендірілуі және алюминийді (0,7 кг/т) енгізу силикат қосындыларының жинақталуынан туындаған тозаңдағы болаттың сынығын азайтты. 40% марганец, 40% кремний және 20% алюминий бар АМС қорытпасы (3 кг/т) бар доғалық пеште 18ХНВА болатты оттексіздендіру оңтайлы нәтиже берді.

Осылайша, барлық зерттеулер дербес оттексіздендіргішпен салыстырғанда АМС қорытпасының күмәнсіз артықшылықтарын көрсетті. Қорытпаның оптималды құрамына қатысты зерттеушілердің пікірлері қайшы. Қорытпалардың кейбір физикалық қасиеттері (шашырау тенденциясы, балқу температурасы, тығыздығы) келтірілген. АМС қорытпасының құрамдас бөліктері арасындағы оңтайлы арақатынасты анықтап алу үшін құрамы айтарлықтай өзгерді (кесте 1). Марганец және кремний комплексті қорытпалары, алюминиймен бірге оттексіздендіру процесінде олардың сұйық металға қосылуы кезінде оттексіздендіру қабілетін арттырды, әсіресе сұйық металдағы оның мөлшері азайған кезде. Марганец кремнийден әлдеқайда күшті, алюминийдің оттексіздендіру қабілетіне әсер етеді. АМС қорытпасының құрамы тотықты қосындылардан металдарды тазалаудың жылдамдығына және толықтылығына әсер етеді: оттексіздендіргіш өнімдерін ең толық және жылдам алу марганец пен алюминий арақатынасының артуымен қамтамасыз етіледі. Авторлар АМС қорытпаларының келесі құрамын ұсынады: 50-70% марганец, 13-20% кремний және 7-10% алюминий. Қорытпалардың балқу температурасы 1030-1140°С құрайды, олардың тығыздығы сұйық болаттың тығыздығына (5,8-6,5 г/см^3) жақын, бұл оларды шахтадағы болатты тотығу үшін пайдалануға мүмкіндік береді. АМС сияқты күрделі қорытпалардың ерекшелігі салқындату процесінде өздігінен таралу үрдісі. Ұсақтауға арналған АМС қорытпалары 3 топқа бөлінеді: 1) 60-70% марганец, 5-15 кремний, 8-20 алюминий, 0,4-2 көміртек, ΣSi + Al 19 дан 32 дейін; 2) құрамында марганец (40-50%), 10-20 кремний, 8-10 алюминий, 0,75-1,0 көміртек, ∑Si+Al 19 дан 30 дейін; 3) жоғары құрамдағы кремний (30-50%), 30-40 марганец, 5-10 алюминий, 0,6-0,75 көміртегі бар. Қорытпалардың барлық топтарындағы фосфор мөлшері 0,1-0,2% құрады. Алюминий мен кремнийдің 22-23% -дан аспайтын жалпы 1-ші топтағы АМС қорытпалары күшті және бір мезгілде оңай ұсақталады және пайдалануға ыңғайлы. Алюминий мен кремний құрамдағы (> 30%) жалпы қорытпалары берік емес. Көміртектің жоғарылауы нәтижесінде, олар оңайырақ бөлінеді.

Кесте 1 - Кешенді оттексіздендіргіштердің құрамы, %

Қорытпа	Mn	Si	Al	Fe
АМС-1	60	13	7	20
АМС-2	50	25	7,5	17,5
АМС-3	35	25	7,5	32,5
АМС-4	45	30	15	10
АМС-5	30	13	7	50

2-топтағы АМС қорытпаларының шашырау үрдісі олардағы марганецтің төмен құрамымен сипатталады. Тұрақты (10%) алюминий құрамымен 3-топтағы қорытпаларда шашырау үрдісі кремний мен марганецтің құрамының артуымен сипатталады. Авторлардың ұсыныстары АМС қорытпаларының ерітілмейтін қорытпаларын алу мәселесін ішінара шешеді. Жұмыстарда АМС қорытпасының шашырауының себептерін мұқият зерттеді. Фосфидтер мен карбидтердің ауа ылғалдылығымен өзара әрекеттесуіне байланысты ауада сақталған кезде кремний құрамында 30%, алюминийдің 3% - дан жоғары және 0,05% -дан жоғары фосфордың құймасы ұнтаққа ыдырайтын болады. Қорытпаның шашырауын магниймен 0,3-0,6% дейін өзгерту арқылы алдын алуға болады. Кешенді қорытпаның балқытылған технологиясы негізінен оның барлық физикалық-химиялық қасиеттеріне қойылатын талаптармен анықталады, ол барлық элементтерді барынша тиімді пайдалануды және пайдаланылатын шикізаттың сапасын қамтамасыз етеді. Кешенді қорытпаның АМС химиялық құрамы үшін бірыңғай талаптар әлі әзірленбеген, бұл, әрине, әр түрлі мақсаттарда дайын болаттан марганец пен кремний құрамында айтарлықтай ауытқулармен түсіндіріледі. Сонымен бірге зерттелетін қорытпалардың құрамында Mn:Si қатынасы 1-ден 6-ға дейін жетеді (кесте 2).

Кесте 2 - Кешенді қорытпалардың химиялық құрамы АМС, %

Mn	Si	Al	Si:Al	Mn:Al	Әд. тізімі
10-20	10-20	10	1-2	1-2	[89]
42-58	8-12	21-38	0,3	1,2	[94]
75-78	11-13	4,5-5,5	3	15	[99]
20-40	20-40	2-10	3-10	3-10	Орындалған жұмыс

АМС қорытпасын ең кең диапазондағы оттексіздендіру үшін пайдалану мүмкіндігін ескере отырып, нашар марганец кендеріндегі силикатты құрамды арттыру үшін келесі қорытпалық құрамды таңдадық, %: Mn 20-40, Si 20-40, Al 2-10. Мұндай қорытпаны карботермиялық балқытудың ең қарапайым технологиялық схемасы - кедей марганец рудалары мен улкен золалы материалдар ретінде жоғары күлді көмірлерді пайдаланып, үздіксіз қышқылсыз процесс арқылы алуға болады. Қолданыстағы технологиялық схема бойынша марганец қорытпаларын байыту - тотықсызданған балқыту төмен фосфор мөлшері бар қорытпаларды өндіруді қамтамасыз етпейді, себебі фосфордың 70-80% шихтадан металға өтеді. Сондықтан марганец кендерін және қорытпаларын тазартудың бірнеше әдістері әзірленді. Марганец кендерін тазарту және байытудың химиялық әдістерін зерттеуді ГрузССР АН Ғылым академиясының Қолданбалы химия институты, Механобром және Механобрчермет жүргізді. Урал - механобр марганец концентраттарын тазартуға арналған гаусманит әдісін әзірледі. Байытудың химиялық әдістері, әдетте, барлық марганецтердің ерітіндісіне айналуымен байланысты, сондай - ақ қышқылдың жоғары шығынын талап етеді, сондықтан қымбат тұрады. Гаусманит процесі, қышқылдың маңызды тұтынуымен қатар, кенді күкіртсіздендіру мәселесін шешпейді, бұл ферромарганецті балқыту кезінде марганецтің қалдық қоздарын азайту үшін өте маңызды.

Сол үшін марганец ерітіндіге ауыстырылмайды. Кедей марганец кендерін тазарту үшін гидрометаллургиялық әдіс әзірленген. Дефосфорсыздандырумен қатар, ол марганец ферроқорытпаларын балқыту арқылы қождың шығуын азайтатын, энергияны нақты тұтынуды азайтатын, пештердің өнімділігін және марганецті алуды арттыратын кенді күкіртсіздендіруді жүзеге асырады. Аталған гидрометаллургиялық әдісінің мәні, құрамында 0,16мм-ден аз фракцияға ұшырап, салыстырмалы төмен температураларда натрий карбонатымен марганец кенін құрайды. Алынған жентек ұсақтауға және сілтісіздендіруге арналған. Сілтісіздендіруден кейін фосфаттар мен натрий силикаттар ерітіндіге енеді және марганец, темір, кальций тотығы шөгінділерде қалады. Марганец кендерін химиялық, термохимиялық және гидрометаллургиялық әдістермен тазарту зертханалық және өнеркәсіптік жағдайларда жүргізілді. Марганец кенін тазалауға арналған металлургиялық әдіс өнеркәсіптік қолданысқа ие болды, бірақ ол өте қымбат және оны іске асыру үшін төмен фосфорлы қожды балқыту бойынша электр пештерінің әрекеті талап етіледі және үлкен қуатты тұтынады. Металлургиялық кешенді қорытпаның әзірленген технологиясы дефосфорсыздандырудың маңыздылығын айтарлықтай азайтады. Зерттеулер көрсеткендей АМС қорытпасы ұнтаққа ыдырағанда, онда құрамындағы фосфор мөлшері 40-50% - ға дейін төмендейді. Сонымен қатар, марганецтің толық шығарылуына байланысты қорытпадағы P: Mn қатынасы алмастырылады. Нәтижесінде, АМС комплексті қорытпасы бірдей марганец кенінен балқытылған силикомарганецпен салыстырғанда құрамында әлдеқайда аз фосфор болады. Бұл таңдалған технологияның тағы бір артықшылығы болып саналады. Г.В. Медведев кешенді қорытпалы АМС дайындауға арналған алғашқы эксперименттерді Жезді марганец кенін және Екібастұздың көмірлерін көміртекті тотықсыздандыру арқылы жасады. Лабораторияда зерттелген бұл технология Ақтөбе ферроқорытпа зауытында қуаты 1200 кВ*А үшфазалы электр пештерінде сыналды. Процесті үздіксіз жүргізуге болмады. Техникалық-экономикалық көрсеткіштер төмен, ал компания - қысқа мерзімді болды.

1965 ж. Зестафон ферроқорытпа зауытында қуаттылығы 1000 кВ*А болатын астыңғы бөлігіне өткізетін бір фазалы пеште АМС қорытпасы ерітілді. Компания тәжірибені сәтті өткізді. Жоғары техникалық және экономикалық көрсеткіштері бар үздіксіз процесс арқылы АМС қорытпасын өндіру мүмкіндігі дәлелденді. Атап айтқанда, кедей рудадан марганец алу (20% марганец, 43% кремний) 80-90% құрады. Алайда, осы үрдістің көмегімен үш фазалы пештерде АМС қорытпасын еріту мүмкіндігі және, тиісінше, АМС қорытпасының өнеркәсіптік өндірісін ұйымдастыру күмән тудырды. Кентермиялы процесс арқылы АМС қорытпасын өндіру бойынша теориялық негіздер және эксперименталдық деректер жұмыста келтірілген. Үш фазалы электр пештеріндегі қорытпаның балқытудың оңтайлы параметрлерін анықтадық: көміртегі мен оксидтердің шихтадағы қатынасы, балқытудың электрлік режимі, қорытпаның жетекші элементтерінің максималды шығуын қамтамасыз ету. Процестің физика-химиялық процестері зерттелді, пештің ваннасының құрылымы зерттелді және қорытпаны құрастыру механизмі ұсынылды, қорытпаны тұрақтандыру және экзотермиялық брикеттер өндіру үшін ұнтақ фракциясын қолдану әдісі әзірленді, АМС қорытпасының өнімділігі мен қолданылуы анықталды.

2. АМС қорытпасын алу технологиясы. АМС қорытпасын еріту технологиясы әртүрлі монографияда талқыланды. Жезді, Батыс және Шығыс Қаражал, Үлкен Қытайдағы марганец кендерін қолданды. Өнеркәсіптік балқыту АМС қорытпасының зертханалық және жартылай өнеркәсіптік зерттеулердің нәтижелерін және балқыту қорытпасының технологиясының жоғары тиімділігін растады. Шихтовка, шихтаны пешке тиеу құрылғысы, колошникке қызмет көрсету, болатты шығару және құю құрылғылары әзірленді. Алынған қорытпа болат өндірісінде сыналды (40 мың тонна). Марганец пен алюминийдің жетіспейтін көлеміне ферромарганец пен алюминий құймалары арқылы енгізілді. АМС қорытпасын ферромарганецті қоспай темірді оттексіздендіру үшін, оның ішінде Mn: Si қатынасын 2-ден 3-ке дейін арттыру қажет. Осы мақсатта тәжірибелі балқу Үшқатын кенін пайдалану арқылы жүргізілді.

Сондай-ақ, зерттеу процесінің электрлік параметрлері мен тотықсыздануының оңтайлы артықшылығын анықтау үшін зерттеулер жүргізілді. Оңтайлы тотықсыздандырғыштың артықшылығын анықтау. Негізгі технологиялық параметрлерін анықтау үшін қуаты 100кВ*А астыңғы бөлігінен өткізетін бір фазалы пештерде АМС қорытпалары өткізілді (сурет 1). Пеш 4 сатылы қайталама кернеуі бар бір фазалы ОСУ - 100 трансформаторынан қуат алды. Пеште диаметрі 150мм болатын бір жылжымалы графиттелген электрод бар. Пеш ваннасының футеровкасы (балқыту кеңістігі диаметрі 400мм, тереңдігі 500мм) магнезитті кірпіштен жасалған. Өткізетін бөлігі 400 мм-лік электродтық массамен құйылған. Зертханалық балқытулар өткізгенде, пештің өнімділігін жоғарылату және тотықсыздандырғыштың жетіспеушілігі зерттелді. Балқыту 2 кампанияда әр түрлі электрлік режимдерде өткізілді: 1 кампанияда I_2=2035 А, U_2=36,8 В; сәйкесінше 2-шіде 4070 және 24,5. Шихта материалдары ретінде 1:1 қатынаста Үлкен Қытай және Шығыс Қаражал марганец кендерінің қоспасы болды, Екібастұз көмірін тотықсыздандырғыш зат ретінде пайдаланылды (42,4% күл, 13,9% ұшпа); басқа жағдайда Жезді кендерінен марганец концентраты және тотықсыздандырғыш ретінде көмір немесе ангара жартылай коксы (26,5% күл және 5,0% ұшпа) қолданылды.

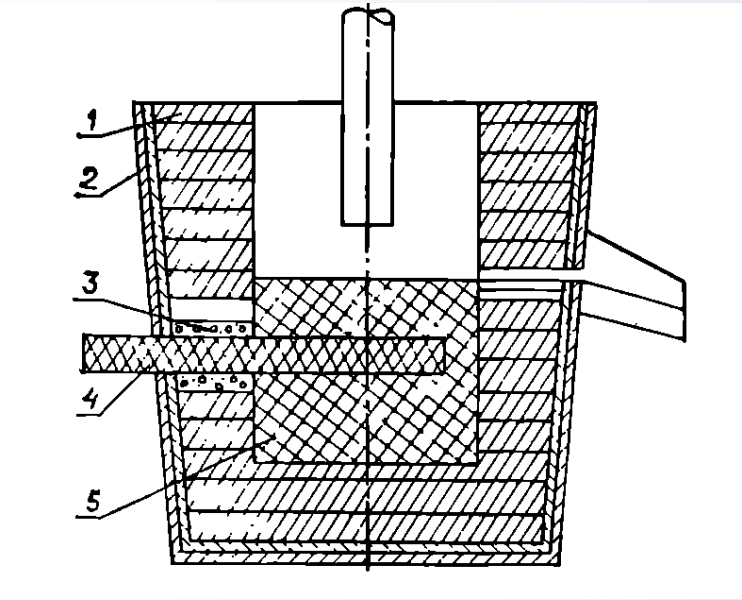
3. Физикалық және химиялық процестің негіздері. Химиялық жағынан, АМС қорытпасының балқытудағы ең күшті тотығы алюминий болып табылады. Реакциямен көміртектің төмендеуі:

$$Al_2O_3 + 3C = 2Al + 3CO, \quad (1)$$

2310 К. басталады. Реакция процесі біршама жеңіл:

$$Al_2O_3 + {}^9\!/_2\, C = {}^1\!/_2\, Al_4C_3 + 3CO, \quad (2)$$

бірақ бұл жағдайда ол сондай-ақ кремний оксидтерінің, марганецтің және ерітінділердің азаюының басталу температурасынан әлдеқайда жоғары 2198К температурада басталады. Темірдің пештің құрамында мырыш қорытпасын еріту кезінде.



Сурет 1 - Бір фазалы пештің футеровкасы: 1 - магнезитті кірпіш; 2 - асбест; 3 оқшауланған тығыздама; 4 - электрод; 5 - электродтық массасы.

Реакциялар үшін:

$$SiO_{2ж} + 2C = Si_ж + 2CO, \quad (3)$$

$$MnO_{тв} + C = Mn_ж + CO, \quad (4)$$

$$FeO_{тв} + C = Fe_т + CO, \quad (5)$$

процесінің басында температурасы тиісінше 1940, 1670, 970К болады. Тиісті карбидтер төмен температураларда қалыптасады. Реакция үшін:

$$SiO_2 + 3C = SiC_{тв} + 2CO, \quad (6)$$

$$MnO + {}^{10}/_{2}\,C = {}^{1}/_{7}\,Mn_7C_3 + CO, \quad (7)$$

$$FeO + {}^{4}/_{3}\,C = {}^{1}/_{3}\,Fe_3C + CO, \quad (8)$$

процестің басында температура 1810, 1540 және 970К болады. P_{CO} реакцияларынын SiC, Mn_7C_3 және Fe_3C,карбидтермен тузелетин реакциялар 2310 және 2200К температурада әрекеттеседі және глиноземмен қайта түзілу реакциясы жүреді. (6), (7) және (8) реакциялардағы көміртегі моноксидінің тепе-теңдік қысымы (1) және (2) -дан 1-4 есе жоғары. Бұл темірдің, марганецтің және кремний тотығының алюминий тотығы азайғанға дейін толығымен төмендегенін көрсетеді. АМС қорытпасының балқыту кезінде алюминий тотығының азаюының термодинамикасын ескере отырып, темір, марганец және кремний оксидтерінің төмендеуі күрделі қосылыстардан келеді. Қосылыстардың пайда болуы оксидтерді қалпына келтіруді қиындатады. АМС қорытпасының еруі кезінде Fe_2 SiO_4, Mn_2 SiO_4 және $3Al_2O_3*2SiO_2$ қосылыстары құрылуы мүмкін.

Бақылау сұрақтары:

1. АМС туралы не білесіз?
2. Шикіқұрам материалдары.
3. АМС балқыту технологиясы.

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.