ӘБЛІҚАС САҒЫНОВ АТЫНДАҒЫ ҚАРАҒАНДЫ ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

SAGINOV TECHNICAL UNIVERSITY 1953



Пән атауы: Металлургия өндірісінің технологиясы

Дәріс -10 «ФЕРРОҚОРЫТПАЛАР ӨНДІРІСІ»

техника ғылымдарының докторы, профессор

НУРУМГАЛИЕВ АСЫЛБЕК ХАБАДАШЕВИЧ

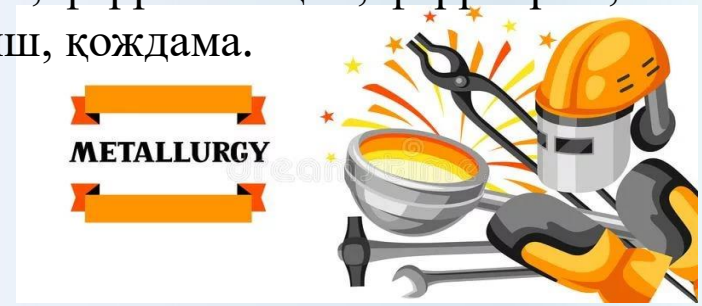
Қарағанды, 2026

Дәріс №10
ФЕРРОҚОРЫТПАЛАР ӨНДІРІСІ

Дәрістің мақсаты: әртүрлі ферроқорытпаларды алу мен оларды қолдану технологияларын оқып білу

Дәрістің жоспары:
1. Ферроқорытпа өндірісінің әдістері
2. Ферросилиций өндірісі
3. Көміртекті ферромарганец өндірісі
4. Көміртекті феррохром өндірісі
5. Орташа көміртекті феррохром өндірісі
6. Төмен көміртекті феррохром өндірісі

Кілт сөздер: өндіріс, ферроқорытпа, технология, ферросилиций, феррохром, ферромарганец, шикіқұрам, тотықсыздандырғыш, қождама.



1. Ферроқорытпа өндірісінің әдістері. Ферроқорытпалар деп темірдің легірлеуші элементтермен (V, W, Ti, Zr, Nb, Cr және т.б.) немесе қышқылсыздандырғыш элементтермен (Mn, Si, Al және т.б.) қорытпаларын атайды. Оларды, таза эелементтерге қарағанда, болат өндірісінің технологиялық үрдісінде қолдану ыңғайлы, әрі тиімді. Біріншіден, ферроқорытпалар әдетте төменірек балқу температураларына ие болғандықтан, оларды сұйық болатқа еңгізу жеңіл. Екіншіден, ферроқорытпалар тікелей кендерден алынатындықтан, таза металдарға қарағанда анағұрлым арзан. Легірлеуші металл кен немесе концентрат құрамында тотық түрінде кездесетіндіктен, ферроқорытпаларды алу үрдісі берілген элементті тотықсыздандыру және оны балқытылған темірде еріту кезеңдерінен құралады. Соңғысы тотықсызданудың тез, әрі толық жүруін қамтамасыз етіп үрдістін пәрменділігін елеулі жоғарылатады.
Қазіргі уақытта ферроқорытпалар негізінен электртермиялық және металлтермиялық әдістермен алынады. Электртермиялық үрдісте балқытуды, әдетте үздіксіз режимде жұмыс істейтін, қуатты доғалы кентотықсыздандырғыш пештерде жүргізеді: мөлшерленген шикіқұрам материалдары балқытылуына қарай пешке үздіксіз тиеліп отырады, қорытпа мен қож 2-4 сағат сайын периодты түрде шөмішке шығарылып отырады. Шикіқұрамның ферроқорыту пешінде қыздырылуы мен балқуы көміртекті электродтар мен металдық ванна арасында пайда болатын электр доғаларының жылуы әсерінен іске асырылады. Мұндай пештерде доғалар шикіқұрам қабаты астында жанады, сондықтан оларды жабық деп атайды. Электртермиялық үрдісте тотықсыздандырғыш ретінде көміртегі қолданылады. Отандық металлургия ферроқорытпалардың көптеген түрлерін өндіреді: феррохром, ферросиликохром, ферросилиций, ферромарганец, ферросиликомарганец, ферросиликоалюминий және т.б.
Осы ферроқорытпаларды көміртекті қалаулы электр доғалы пештерде үздіксіз режимде балқытады. Кремний, марганец пен хром қиын тотықсызданатын металдарға жатады, сондықтан үрдісті жоғары температураларда жүргізеді. Мысалы, ферросилиций өндірісінде пеш аумағындағы температура 2000°С-ден асады. Мұндай жағдайда SiO_2 - 98%; FeO - 99%; $A1_2O_3$ 10-55%; P_2O_5 - 100% тотықсызданады.

.

Тотықсызданған кремний мен темір толығымен дерлік қорытпаға өтеді, ал алюминий, кальций мен фосфор жартылай өтеді де, екінші жартысы буланып кетеді. Ферромарганец пен феррохромда шикіқұрам көміртегісі белсенді ериді, нәтижесінде осы қорытпалардағы көміртегі мөлшері 7-8%-ға жетеді. Сондықтан мұндай қорытпаларды көміртекті деп атайды. Көміртексіз ферроқорытпаларды алу қажет болған жағдайда тотықсыздандырудың металлтермиялық әдісін қолданады. Бұл жағдайда тотықсыздандырғыштар ретінде, әдетте, кремний мен алюминийді, немесе олардың қоспасын қолданады. Осы әдіспен ферроқорытпаларды өндірген кезде үрдісті, әдетте, балқыту көріктерінде жүргізеді де, қажетті жылу кремний мен алюминийдің экзотермиялық тотығу реакцияларының барысында бөлінеді. Металлтермиялық үрдістің жоғары көрсеткіштеріне қол жеткізу үшін көрік көлемінде реакция өнімдері - қорытпа мен қождың балқуына қажетті температураларды алу маңызды. Балқымалардағы әрекеттесулер тотықсыздану үрдістерінің толық жүруін, сонымен қатар металл мен қождың жақсы бөлінуін қамтамасыз етеді. Есептеулер, металлотермиялық үрдісті пештен тыс жүргізу үшін 2400-2500Дж/г жылу қажеттілігін көрсетеді. Егер тотықсыздануның экзотермиялық реакциясы нәтижесінде бөлінетін жылу мөлшері, аталған шамадан елеулі артық болса, үрдіс басқарылмайтын сипат алып, жарылысқа әкелуі мүмкін. Бұл жағдайда шикіқұрамға жылу сіңіретін компоненттерді (қождар, қождамалар және т.б.) еңгізеді. Егер тотықсыздануның негізгі реакциясы нәтижесінде бөлінетін жылу жеткіліксіз болса, онда үрдісті электр доғалы пештерде жүргізеді, ал металлтермиялық тотықсыздануның пештен тыс әдісінде, шикіқұрамға термитті қоспалар (аммиак селитрасы, темір тотығы мен алюминий) енгізіледі.

2. Ферросилиций өндірісі. Ферросилиций болатты легірлеу, қышқылсыздандыру үшін және кейбір ферроқорытпалардың өндірісінде тотықсыздандырғыш ретінде қолданылады. Электр пештерінде 19-23% бастап (ФС20 қорытпасы) 92-95% дейінгі (ФС92 қорытпасы) кремний құрамды ферросилицийдің әртүрлі маркаларын балқытылады. Қорытпада кремний 50-60% шамасында болып фосфор және алюминиймен ластанса ол улы ұшқыш байланыстар түзе отырып ұнтаққа айналады.

Сондықтан зауыттарда мұндай құрамды қорытпалар шығарылмайды. Ферросилиций кремнийден басқа темір мен бірнеше қоспалардан тұрады. Құрамында 41-47% және одан да көп кремний болатын қорытпаларда 0,1-0,2% C, 0,2-0,6% Mn, 0,05% P, 0,02% S және 1,5-2,5% A1 болады. Аз кремнийлі қорытпаларда (19-27% Si) көміртегінің құрамы 0,6-1,0% мөлшерде кездеседі. Айта кететін жай, ферросилиций пештің көмірлі қалауына және көміртекті тотырсыздандырғыштың қолданылуына қарамастан аз көміртікті болып келеді. Бұл кремний бар кезде қорытпада көміртегінің еру дәрежесінің кемуімен түсіндіріледі. Қорытпада кремний мөлшері көп болған сайын ондағы көміртегі мөлшері де азая түседі. Қазіргі кезде шамамен 45 және 75% кремний мөлшерлі сәйкесінше ФС45 және ФС75 қорытпалары кеңінен таралған.

Шикіқұрам материалдар. Шикіқұрамның кендік құрамы болып 95%-дан кем емес SiO_2, 0,02%-дан көп емес P_2O_5, және мүмкіндігінше аз мөлшердегі қожтүзуші қоспадан (глиноземнен) тұратын кварцит табылады. Кварцитті 25-80мм өлшемді бөліктерге дейін ұсақтап саздан тазартады. Берілген құрамдағы кремнийлі қорытпаны алу үшін шикіқұрамға ұсақталған көміртекті болат түріндегі темірдің белгілі бір мөлшерін қосамыз; темір кремнийдің тотығуын жеңілдетеді. Ферросилицийді балқыту кезінде тотықтырғыш ретінде 10-25мм өлшемдегі металлургиялық кокс бөлшектері пайдаланылады (домна коксының үгіндісі). Кейде кокстың орнына әлдеқайда арзан материалдар қолданылады: жартылай кокс - 700°C-тағы көмірдің кокстелу өнімі мен SiC карборунд (электродты және абразивті өндіріс қалдықтары) құрамды материалдар.

3. Көміртекті ферромарганец өндірісі. Ферромарганецті болатты легірлеу және қышқылсыздандыру үшін қолданады. Ферроқорытпа пештерінде көміртекті ферромарганецтің екі маркасы шығарылады: ФМн78 және ФМн70, бұлар сәйкесінше 75-82 және 65-75% марганец құрамды. Қорытпаларда сонымен қатар 5-7% C, 1-ден 4-6%-ге дейін Si, 0,3-0,6% P, <0,02% S кездеседі. ***Шикіқұрам материалдар.*** Ферромарганецті балқыту үшін марганец кенінің қождамаланған және қождамаланбаған марганецті агломераттары мен концентраттары, теміркенді шекемтастар немесе темір кендері, ал кей жағдайда эктас қолданылады.

Кендерде марганец MnO_2, Mn_2O_3, Mn_3O_4 және $MnCO_3$ түрінде кездеседі, негізгі қоспа болып SiO_2 табылады. Кендердегі марганецтің мөлшері 16-57%-ды құрайды. Алынып жатқан марганец кендерінің көп бөлігі байытылмаған; >25-43% Mn құрамды концентрат ала отырып байытады; концентрат агломерациядан өтеді, шыққан агломераттың құрамы >36-45% Mn. Коксик 3-15мм өлшемінде пайдаланылады. Онда күлдің құрамы 12%-дан, ылғал - 11%-дан, фосфор - 0,02%-дан аспауы керек. ***Ферромарганецті балқыту.*** Көміртекті ферромарганецті қождамалы немесе қождамасыз әдіспен алады. Екінші жағдайда үрдісті әктас қоспай жүргізеді де көміртекті ферромарганецпен қатар фосфорсыз марганец қожын аламыз (50% шамасында MnO және 0,02%-дан төмен P). Мұндай қожды марганец кенінің орнына силикомарганец немесе аз фосфорлы марганец қорытпаларын алуда қолданады. Қождамасыз әдіспен бай кендерді өңдейді, ал кремнезем құрамы ұлғайған байытылмаған кендерде флюсті әдіс қолданылады. Көміртекті ферромарганецті қуаттылығы 75МВА-қа дейінгі көмірлі қалаулы жабық пештерде, дөңгелек және төртбұрышты формалы пештерде балқытады. Қождамасыз үрдісте шикіқұрам ретінде 48%-дан жоғары Mn құрамды марганец концентраты, кокс және теміркенді шекемтастар немесе темір жоңқасы қолданылады. Қождамалы балқыту кезінде қажетті қож негізділігін алу үшін (1,1-1,4) қождамаланған немесе қождамаланбаған агломерат, әктас қосылған пайдаланылады. Кейде пешке ферромарганец қалдықтарын да енгізеді.

4. Көміртекті феррохром өндірісі. Болаттарды легірлеуші элементтердің ішінде хром кең қолданысқа ие. Болатты хроммен легірлеу үшін біздің елімізде феррохромның көптеген маркалары өндіріледі. Бұл қорытпалар негізінен 0,01-ден 9%-ға дейін өзгеріп отыратын көміртегі құрамымен өзгеріп отырады. Көміртекті феррохромның төрт маркасы шығарылады: ФХ650, ФХ800, ФХ850 және ФХ900, бұлар 65%-дан жоғары Cr және сәйкесінше 6,5; 8; 8,5 және 9%-дан артық емес көміртегіге ие. Олар 2%-ға дейін Si, 0,05%-ға дейін P және 0,06 %-ға дейін S құрамынан тұрады. ***Шикіқұрам материалдар.*** Көміртекті феррохромның өндірілуі үшін негізінен Дөң кен байыту комбинатының (Қазақстан) 30-58% Cr_2O_3, ал қалғаны FeO, MgO, Al_2O_3, SiO_2 элементтерінен тұратын хром кені қолданылады.

Бай кендердің азаюына байланысты соңғы жылдары байыта отырып немесе агломерациядан өткізіліп байытылмаған кендер (30%-ға дейінгі Cr_2O_3 құрамды) қолданылады. Кендер мен концентраттарға келесі талаптар қойылады: Cr_2O_3 құрамы 47%-дан аспауы керек; Cr_2O_3/FeO қатынасы 3,0-ден аз болмауы қажет, мұндай қатынас құрамында 60%-дан көп емес хром болатын қорытпа алуға мүмкіндік береді; SiO_2 мөлшері 7-9%-дан көп емес. Cr_2O_3 мөлшерінің жоғары және SiO_2 мөлшерінің төмен болуы қожбен бірге хромның да жоғалуын азайтады, электр энергиясы шығының төмендетеді. Кейде шикіқұрамға 27-32% Cr_2O_3 құрамды орташа көміртекті феррохром өндірісінің қожы ал кей жағдайда қорытпаның қайтымды қалдықтары қосылады. Қождама ретінде қождың талап етілген қасиеттері мен құрамын (27-32% SiO_2) алуға қажетті кварцит қолданылады.Тотықтырғыш ретінде 0,5%-дан көп емес S және 0,04%-дан көп емес P құрамды 10-25мм өлшемді сұрыпталған кокс пайдаланылады. Хром кенінің құрамына темір тотықтары кіреді, олар қорытпаға керекті темір мөлшерін бере алады.

5. Орташа көміртекті феррохром өндірісі. Орташа көміртекті феррохромды негізінен үш технологиялық сызба бойынша өндіреді. Алғашқы екеуі - бұл хром кенінің силикохроммен тотығуына негізделген силикотермиялық әдіс. Силикохром - бұл әр түрлі маркалары 11-55% Si, 24-64% Сг жіне 0,01ден 4,5-6,0%ға дейін С құрамды ферроқорытпа пештерінде үздіксіз үрдіспен балқытылатын қорытпа. Феррохром алудың бұл екі әдісі де периодты үрдісті магнезитпен қаланған пештерде жүзеге асады. Әдістердің бірінде (қождамасыз) шикіқұрам хром кенінен және силикохромнан тұрады, қождамалы - хром кенінен, силикохромнан, әктастан және қайта өңделетін феррохромның аздаған мөлшерінен құралады. 30-50% Si және 1-3%-дан кем емес көміртек құрамды силикохром кеңінен қолданылады. Силикохром кремнийі мен кенінің реакцияға түсуі нәтижесінде: $2Cr_2O_3 + 3Si = 4Cr + 3SiO_2$ 2%-дан кем емес құрамды қорытпа алады, кеннен хромды алу қождамалы әдісте шамамен 57%, ал қождамасызда - 60%. Орташа көміртекті феррохромды алудың үшінші әдісі бүйірден үрлеу немесе су суытқыш фурма арқылы жоғарыдан берілетін конвертердегі көмірқышқыл газымен жүзеге асатын майсыздандыруға негізделген.

6. Төмен көміртекті феррохром өндірісі. Төмен көміртекті феррохромды бірнеше әдістермен өндіруге болады. Оның негізгі мөлшерін силикотермиялық әдіспен алады. Балқыту жұмыстары магнезитпен қаланған пеште периодты үрдіспен жүргізеді. Шикіқұрам қызметін хром кені, ~50% Si құрамды төмен көміртекті силихром және әктас атқарады. Шикіқұрамның балқытылу үрдісі кезінде силикотермиялы әдіспен орташа көміртекті феррохром өндірісіндегідей кеннің тотығуы силикохром кремнийімен жүзеге асырылады. Пайда болатын қождағы әктас кеннен түзілетін SiO_2 тотығын берік $2CaO \cdot SiO_2$ силикатқа айналдырады, осының арқасында қождан Cr_2O_3 әлдеқайда толығырақ тотығады.

Бақылау сұрақтары:

1. Ферроқорытпалар дегеніміз не және оларды таза металдарға қарағанда болат өндірісінде қолданудың тиімділігі қандай?
2. Ферроқорытпаларды алудың қандай әдістерін білесіз?
3. Қандай ферроқорытпалар көміртектілерге жатады?
4. Ферроқорытпаларды металлтермиялық әдіспен алу кезінде қандай тотықсыздандырғыштар қолданылады?
5. Ферросилицийдің қандай маркалары өндіріледі?
6. Ферросилиций өндірісінде шикіқұрамның негізгі кендік құраушысы болып қандай материал табылады?
7. Ферромарганецтің қандай маркаларын білесіз және оларды балқыту қандай әдістермен жүзеге асырылады?
8. Көміртекті феррохромның қандай маркалары өндіріледі және оларды балқыту кезінде қождама ретінде қандай материал қолданылады?
9. Орташа және төмен көміртекті феррохромды қандай әдістермен балқытады?

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИТТЕР ТІЗІМІ

1 **Абдулабеков Е.Э.** Металлургия бастамалары: Оқу құралы / Е.Э. Абдулабеков, Д.К. Каскина. - Актобе: К. Жубанов ат. АМУ РББ, 2010. - 112 бет

2 **Воскобойников В.Г.** Общая металлургия: Учебник / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: ИКЦ "Академкнига", 2002. - 768 с

3 **Каблуковский А.Ф.** Производство электростали и ферросплавов. - М.: Академкнига, 2003. - 511 с.

4 Начала металлургии: Учебник / Под ред. проф. **В.И.Коротича.** - Екатеринбург: УГТУ, 2000. - 392 с.

5 **Уткин Н.И.** Производство цветных металлов/ Н.И. Уткин. - 2-е изд. - М.: Интермет Инжиниринг, 2004. - 442 с.

6 **Тарасов А.В.** Металлургия титана: Учебное пособие / А.В. Тарасов. - М.: ИКЦ"Академкнига", 2003. - 328 с.

7 **Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В.** Производство стали. Том 1. Процессы выплавки внепечной обработки и непрерывной разливки. – М.: «Теплотехник», 2008. -528 с.

8 **Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В.** Производство стали. Том 2. Внепечная обработка жидкого чугуна. – М.: «Теплотехник», 2008. -400 с.

9 Траектория технологического развития металлургии Казахстана / **Д.Муканов, М.А.Айсаутов, Т.К.Батпенов** и др. - Науч. изд. - Алматы, 2006. - 296 с.

10 **Бакенов М.М.** Нетрадиционные и новые виды полезных ископаемых Казахстана: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2008. 140 с.