

# Металлургия және нанотехнологиялар кафедрасы

Пән: Metallургия өндірісінің технологиясы

Мамандық: 5B070900 «Metallургия»

11-слайд- дәріс (23сл)

- **Тақырып:** Конвертерлік балқыту технологиясы
- (10-Дәрістің жалғасы)
- 

Автор: НТМ кафедрасының профессоры, к.т.н.

Исин Д.Қ.

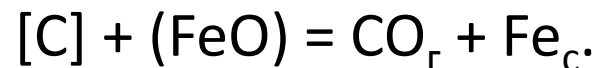
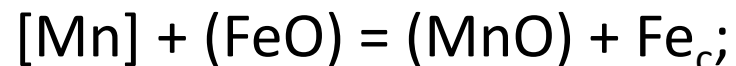
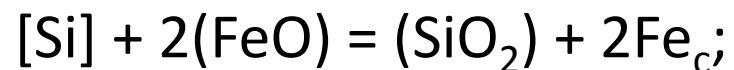
## 11-Дәріс жоспары

- 1-Дәріс.Конвертерлік балқыту технологиясы
2. Конвертердегі операцияның негізгі сатылары
3. Балқытуды шихталау

## 1-Дәріс. Конвертерлік балқыту технологиясы

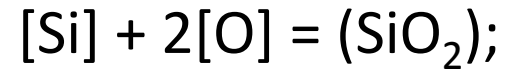
(10-Дәрістің жалғасы)

Оттекті беру және ваннаны араластыру шарттарына байланысты тотығу жылдамдығы оттектің газ фазасындағы масса тасымалдауымен емес, оксидтер қабыршағы арқылы масса тасымалдаумен лимиттелетін болады. Біріншілік реакциялық аймақта түзілетін, негізінде темір оксидтерінен тұратын оксидтер қабаты ванна металымен қатынасқа түседі. Бұл екіншілік реакциялық аймақ деп аталады, онда мына реакциялар жүреді:



Сондай-ақ оттегі металда ериді  $(\text{FeO}) = \text{Fe}_c + [\text{O}]$ . Ерітілген оттегі араласу нәтижесінде еріту бетінен

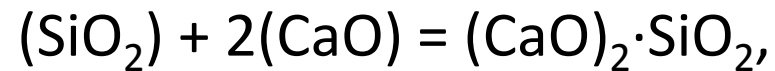
қандай да бір ара қашықтыққа ауысады, онда мына реакциялар болуы мүмкін:



Соңғы жылдары жүргізілген зерттеулер нәтижелеріне сәйкес, ванна қоспаларының негізгі бөлігі реакциялық аймақ аралығында тотығады. Осыған орай көміртектің тотығу процесіне үлкен роль бөлінеді. Реакциялар аймағында CO бөлінуі ваннаның араласуына мүмкіндік туғызады және масса тасымалдау процесін едәуір дәрежеде қарқындатады. Сонымен бірге, оттекті жоғарыдан үрлеу кезінде конвертерде металл көлемінің жеке бөліктерінде шамалы араласатын аймақтар

болуы мүмкін, яғни ваннаның мөлшері біркелкі болмауы мүмкін. Қоспалардың тотығуы және қож түзілуі. Конвертерлік балқыту технологиясын қарастыру кезінде үздіксіз және бір мезгілде жүретін екі процесті: оттекті қарқынды беру (реакция аймағындағы тотықтыру атмосферасы) және қож түзілуді (қож қабатының түзілуі, оның негізділігінің біртіндеп жоғарылауы және үрлеу барысында қож массасының ұлғаюы) есепке алу қажет. Кейде оттекті конвертерде балқыту процесін шартты түрде екі кезеңге бөледі: *бірінші*, қоспалар концентрациялары (С, Si, Mn, P) айтарлықтай жоғары болғанда; *екіншісі*, ваннада қоспалар дерлік қалмағанда және темір қарқынды тотыққанда. Бірінші кезең кезінде қоспалардың тотығу қарқындылығы (жылдамдығы) оттекті беру қарқындылығымен

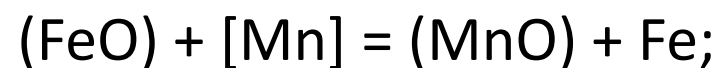
анықталады (яғни сыртқы масса тасымалдаумен лимиттеледі). Үрлеу қарқындылығы неғұрлым үлкен болса, қоспалардың тотығу жылдамдығы соғұрлым жоғары болады. Оттеппен жоғары химиялық ұқсастықтағы кремнийдің тотығуы үрлеудің алғашқы минуттарында қарқынды жүреді. Осыған орай алынатын кремнезем силикаттар түзіп, СаО-мен өзара әрекеттеседі:



.

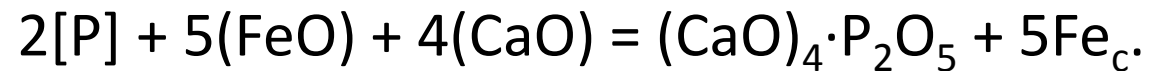
Негізгі қождағы СаО-ның активтілігі жоғары, сондықтан негізділіктің жоғарылауына қарай  $K = \frac{a_{(\text{CaO})_2} \cdot a_{(\text{SiO}_2)}}{a_{\text{CaO}}^2}$  мәні болмашы аз болады да, кремний үрлеудің алғашқы минуттарында толығымен тотығады.

Марганецтің тотығуы негіздік оксидтің MnO, алайда, басқа негіздік оксидке CaO қарағанда әлсіздеу оксидтің түзілуіне әкеледі. Нәтижесінде CaO-ның SiO<sub>2</sub> және P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> қышқылды оксидтерімен байланыстары, MnO-ның осы оксидтермен байланыстарына қарағанда күштірек. Осыған байланысты активтілік (MnO) балқыту барысында елеулі шама болып қалады және металдағы марганецтің құрамы реакция тепе-теңдігінің константасымен анықталады:



Марганецтің тотығу реакциясы - экзотермиялық және температураның жоғарылауы тепе-теңдікті марганецтің тотықсыздану жағына қарай ығыстырады. Металдағы марганецтің мөлшері шойындағы марганецтің

мөлшеріне және сәйкесінше қождағы концентрациясына (MnO) байланысты болады. Сондықтан конвертерлік өндірістің қазіргі заманғы практикасы – аз марганецті шойынды қайта өңдеуге, ал қож түзілуін үдету үшін темір флюсі (темірленген әк), балқыту шпаты және т.б. типті материалдарды пайдалануға бағдарланады. Фосфорсыздану процесі негізді қождың қалыптасуына қарай дамиды. Фосфордың тотығуына темір мен кальций оксидтері қатысады:



Бұл реакция - экзотермиялық; оның жүруіне бірқалыпты температуралар қолайлы болады. Фосфордың қожға сәтті жойылуына қождағы теміроксидтерінің жоғары



активтілігі және жоғары негізділігі (СаО жоғары активтілігі) мүмкіндік туғызады. Кәдімгі технология талап етілетін фосфорсыздану дәрежесін қамтамасыз етпеген жағдайларда, қождағы фосфордың активтілігін азайтады. Ол үшін балқытудың аяғында құрамында фосфордың қандай да бір мөлшері бар қожды сорып алады да, таза әк қосымының, қож түзушілердің және қысқа мерзімде үрлеудің көмегімен жаңа қожды келтіреді. Мұндай технологияны кейде екі қожды процесс немесе қожды сорып алатын технология деп атайды. Кәдімгі шойынды (құрамында <0,3 % Р бар) қайта өңдегенде қожды сорып алмай-ақ, фосфордың қажетті төмен концентрацияларының алынуын қамтамасыз етеді. Мұндай технологияны кейде бір қожды процесс деп атайды.

- .

Көміртектің тотығуы үрлеудің барлық кезеңі ішінде жүреді. Көміртектің тотығу жылдамдығы оттекті беру қарқындылығымен де, реакция өнімдерінің – көміртек монооксиді көпіршіктерінің түзілу және бөліну шарттарымен де анықталады. Бұл шарттар фазалардың бөліну шекараларында (металл-газ, металл-шеген және т.б.) аса қолайлы болады. Металл температурасының жоғарылауына және кремний мен марганец сияқты оттекке жоғары химиялық ұқсастығы бар қоспалар концентрациясының төмендеуіне қарай, көміртектің тотығу жылдамдығы артады және үрлеу басталған соң 5-7 минуттан кейін максимум мәнге жетеді. Осы сәтте оттекті пайдалы қолдану дәрежесі 100 %-ға жақындайды. Балқыту кезеңінде көміртек монооксидінің бөліну шарттарын жақсарту және

көміртектің (темірдің емес) тотығуы үшін берілетін оттекті барынша пайдалануды қамтамасыз ету үшін, үрлеуішті біршама түсіреді де, оттек ағыстары металға аса қарқынды ендіріледі – тотықтыру газы – металл бөліну бетінің ауданы күрт өседі. **Күкіртті жою.** Күкіртті тиімді жою үшін металдың жоғары негізді аз тотыққан қожбен түйісуін қамтамасыз ету талап етіледі. Конвертерлік балқыту жүргізудің тотықтыру жағдайларында қожда көп темір оксидтерінің мөлшері бар, сондықтан конвертерде күкіртсіздендірудің жоғары дәрежесіне қол жеткізу қиын. Алайда күкірттің белгілі бөлігі балқыту барысында – қожға және газдық фазаға (жойылған күкірттің 5-10 %-ы) жойылады. Операцияның соңына қарай қож негізділігі  $\text{CaO/SiO}_2 = 3,5$  болғанда күкірттің таралу коэффициенті  $L_s = 8-10$ .

Қалыпты құрамды шойынды қайта өңдеу кезінде бұл операцияның соңында 0,020-0,040 % күкірт мөлшері бар металдың алынуы қамтамасыз етіледі. Болаттың қатардағы маркалары үшін мұндай көрсеткіш қанағаттанарлық болып танылуы мүмкін. Сапалы маркалар үшін металды конвертерден шығару (төгу) процесінде күкіртсіздендіру операцияларын шөміште және әрі қарай пештен тыс өңдеу әдістерімен жүргізуді жалғастыру қажет. **Операцияның аяқталуы.** Сонымен, операцияның соңына қарай металдан шихтада болған кремнийдің барлығы, марганецтің көп бөлігі, барлық дерлік көміртек және фосфор мен күкірттің белгілі бөлігі жойылады, ваннаның қайнауы тоқтатылады, ваннаның деңгейі төмендейді де, үрлеуіш ванна деңгейінен жоғары орналасқан болады.

Реакциялық аймақтың көлемі және реакцияға түсу бетінің ауданы азаяды. Бұл кезеңде ванна компоненттерінің тотығу процестері сыртқы емес, ішкі диффузиялық режим бойынша жүреді, процесс жылдамдығы оттекті келтіру және қож түзілу қарқындылығымен емес, реакция орнына сол немесе басқа қоспаны келтіру қарқындылығымен анықталады. Әдетте екінші кезеңде үрлеуді болатта көміртектің ерекше төмен мөлшерін алу қажет болған жағдайларда ғана жүзеге асырады.

**2. Конвертердегі операцияның негізгі сатылары.** Шартты түрде стандарттық конвертерлік балқытуды (шихтада шамамен 75 % сұйық шойын және 25 % металл сынығы) бірнеше сатыға бөлуге болады: 1- саты – қатты шихтаны тиеу және сұйық шойынды құю. 2-саты – «іске қосу кезеңі», сұйық фазаның үлкен массасының түзілуі және оның ликвидус үстінен көміртектің тотығу реакциясының жүруін қамтамасыз ететін деңгейге дейін аса қыздырылуы процестерінен тұрады. Осы реакцияның басталу сәтін конвертершілер көбінесе балқытуды «тұтату» сәті деп атайды.

Үлкен жүкті конвертерлер үшін шихтаның қатты және жартылай қатты құраушылары балқытуды «тұтату» сәтіне қарай конвертерге тиелген металл шихтасы массасының 70 %-ына дейін жетуі мүмкін.

3-саты – стационарлық режимде қарқынды көміртексіздену кезеңі – балқытуды «тұтату» сәтінен көміртексіздену реакциясы едәуір баяулағанға дейінгі уақыт.

4-саты – қорытынды, оған үрлеуді тоқтату, үрлеуішті көтеру, конвертерді құлату және болатты шығару процестері кіреді.

Конвертерлік болатты қышқылсыздандыру және қоспалау. Конвертерлік процестің екі ерекшелігі конвертерлік болатты қышқылсыздандыру және қоспалау технологиясын анықтайды:

- 1) оттекті үздіксіз беру, яғни барлық балқыту бойында газдық фазаның тотықтырғыш сипаты;
- 2) темір оксидтерінің активтілігі жоғары қождың үлкен массасы (металл массасынан 13-15 %), яғни қождың.

балқытудың аяғындағы жоғары тотыққандығы Осыған орай қожда фосфордың айтарлықтай көп мөлшері болуы мүмкін. Егер қажетті шаралар қабылдамаса, онда қышқылсыздану кезінде фосфордың жартылай тотықсыздандырылуы және оның қождан металға өтуі мүмкін болады. Осыған байланысты қышқылсыздандыру және қоспалау операцияларын жүргізгенде бірқатар технологиялық тәсілдерді пайдаланады:

1. Балқыманы шығару кезінде металы бар шөмішке соңғы қождың түсуін болдырмау шараларын қабылдайды (бұл тәсілді кейде қожды «айыру» деп атайды). Конвертерлік қождың шөмішке түсуін болдырмаудың көптеген тәсілдері бар, мысалы: - асбест тығынын балқытудың алдында ағын өзекті жабу;



- шығарудың алдында отқа төзімді тығынды конвертерге лақтыру, ол металдан жеңіл және сұйық қождан біршама ауыр бола тұрып, металды шығару аяқталған кезде ағын өзекті жабады;
- қожды қоюлату мақсатында конвертерге доломит үлесін лақтыру;
- керек сәтте ағын өзекке қысылған ауаны беру кезінде қожды пневматикалық айыру және т.б.

Алайда, осы тәсілдердің барлығы қождың шөмішке түсуін толығымен болдырмауға мүмкіндік бермейді, бірақ шөмішке түскен қождың мөлшерін азайтады. Проблеманы әзірше шешілген деп есептеуге болмайды.

2. Қышқылсыздандыру операцияларын шөміште жүргізеді. Шығару сәтінде іріктелген сынама металдағы

көміртек мөлшерінің, болаттың берілген маркасы үшін талап етілетіннен төмен болып шыққанын көрсеткен жағдайларда шөмішке көміртек мөлшері бар материалдардың (әдетте графит ұнтағының) қажетті мөлшерін енгізеді. Кейбір кәсіпорындарда металды 0,05- 0,07 % С дейін үрлейді, сонан соң шөмішке көміртектің берілген маркалы болатты алуға қажетті мөлшерін енгізеді (көміртектендірумен жұмыс жасау деп аталады).

**3. Балқытуды шихталау.** Оттекті конвертер шихтасының құрамына сұйық шойын, металл сынығы, әк, қатты тотықтырғыштар (темір рудасы, шекем тастар, агломерат), балқыту шпаты кіреді. Бұл материалдар-

дың жұмсалуды шойынның құрамымен, оның температурасымен және қорытылатын болаттың

маркасымен анықталады. Балқытуды шихталау факторлардың мүмкіндігінше көп санының әсерін есепке алғанда осы материалдардың жұмсалуды анықтаудан тұрады. Осы кезде балқытудың минимум ұзақтығын және материалдардың жұмсалуды мен үрлеудің аяғына қарай көміртектің, күкірт пен фосфордың берілген мөлшеріне, соңғы қож температурасына және негізділігіне қол жеткізуді, сондай-ақ берілген жағдайларда сұйық болаттың максимум мүмкін шығысын қамтамасыз ету қажет.

Балқытуды шихталау кезіндегі аса күрделі міндеттердің бірі – шойын мен сынығының оңтайлы қатынасын анықтау. Ереже бойынша, ол конвертерлік балқытудың материалдық және жылулық баланстарын есептеу нәтижелерінің негізінде орындалады..

Зауыттардың конвертерлік цехтарында 1 т болатты қорыту үшін шихтаның металл бөлігінің жұмсалуды мынаны құрайды: шойынды – 780-820 кг, металл сынығын – 280-300 кг.

**Жылулық режим.** Конвертерден шығарылатын болат 1600-1660 °С температураға дейін қыздырылуы тиіс, бұл кезде оттекті конвертерге құйылатын шойынның температурасы әдетте 1300-1450 °С болады. Болатты, қожды, пайдаланылған газдарды қыздыру, сондай-ақ, балқыту кезінде жылу шығындарының орнын толтыруға арналған жылу көзі шойын қоспаларын тотықтыру кезінде бөлінетін жылу болып табылады. Жылулық балансты есептеу және практика көрсеткендей, шойынның кез-келген құрамында оның қоспаларын тотықтыру кезінде бөлінетін жылудың жалпы мөлшері

болатты шығару температурасына дейін қыздыру және жылу шығынының орнын толтыру үшін жылудағы қажеттілікті едәуір арттырады. Егер конвертерде бір шойынды қайта өңдесе, онда металл температурасы үрлеудің аяғында 1850-1900 °С болар еді, оған жол беруге болмайды. Сондықтан оттекті-конвертерлік балқыту кезінде ылғи да салқындатқыштарды (әдетте болат сынығын) қолданады. Салқындатқыштардың шығынын балқытудың жылулық балансын есептеу негізінде анықтайды; ол барлық артық жылу жұтылатындай және сонымен бірге конвертерден шығарудың алдында металдың талап етілетін температурасын алу қамтамасыз етілетіндей болуы тиіс. **7.1-кестеде** салқындатқыш ретінде болат сынығын пайдалану кезінде конвертерлік қорытпалардың

жылулық балансы туралы деректер келтірілген. Жылулық баланстың негізгі кірістік (жылу әкелетін) баптары – бұл сұйық шойынның физикалық жылуы және тотықтырудың экзотермиялық реакцияларының жылуы; қож түзілуінің экзотермиялық реакциялары аз жылу береді (СаО-ның  $\text{SiO}_2$ -мен және СаО-ның  $\text{P}_2\text{O}_5$ -мен реакцияға түсуі). Енгізілетін жылудың 50 %-ға жуығының сұйық шойынның үлесіне келуін есепке алып, құйылатын шойынның температурасын ұлғайту бойынша шараларды жүргізу өте маңызды. Тотығудың экзотермиялық реакцияларынан енгізілетін жылу мөлшері бойынша көміртектің тотығу реакциясы бірінші орын алады (бұл жылудың 30 %-ға жуығының конвертерден СО және  $\text{CO}_2$  реакциясының газ тәрізді өнімдерімен әкетілуіне қарамастан), екінші орында –

– кремнийдің тотығу реакциясы, үшінші орында темірді қожға тотықтыру реакциялары; басқа металл құраушылардың ролінің маңыздылығы аз. Қайта өңделетін шойында кремний мөлшерінің өзгеру ролін ерекше атап көрсету керек. Кремнийдің тотығу реакциясының жылулық эффектісі жоғары болғандықтан, оның шойындағы мөлшерінің өзгеруі жылу кірісінің шамасына және балқытудың температуралық шарттарына (металдың соңғы температурасына және салқындатқыштардың шығынына) күшті әсер етеді. Жылулық баланстың негізгі шығындық баптары: сұйық болатпен және қожбен, сондай-ақ конвертерлік газдармен әкетілетін жылу; болатты қыздыруға берілетін жылудың жалпы мөлшерінен (69-72 %) 15-21 % болат сынығын қыздыруға және балқытуға жұмсалады.

қыздыруға және балқытуға жұмсалады Жылу шығындарының негізгі түрлеріне конвертер корпусы арқылы қоршаған атмосфераға кететін шығындар жатады, оның температурасы 120-350 °С құрайды; үрлеуішті сумен салқындататын шығындар; үрлеу аралық кезеңдерде салқындатылатын шегенді қыздыру шығындары, оларды конвертер мойыны арқылы сәуле шығару шығындарының қосындысы ретінде және ауаны конвертер қуысына еркін жылулық тарту нәтижесінде есептеуге болады. Конвертердің балқыту арасында бос тұруы ұлғайған кезде сәуле шығару және жылулық тарту шығындарының қатты өсетінін атап көрсету қажет. Конвертерлік балқытуды салқындатқыштар. Салқындатқыштар ретінде болат сынығын,



темір рудасын, әктасты, от қабыршықты, темір руда агломератын және шекем тастарды, доломитті және т.б. пайдалануға болады. Әдетте болат сынығын пайдаланады. Бұл оның болаттың құнын төмендетіп, қымбат тұратын шойынның едәуір бөлігін ауыстыруы арқылы түсіндіріледі; сонымен бірге шойынның шығыны төмендегенде шойынды қорыту, коксты өндіру, темір рудаларын өндіру және байыту бойынша қосымша қуаттарға қажеттілік болмайды.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Конвертерлік балқытуда күкіртті тиімді жою амалдар.
2. Болаттың сапалы маркаларын алу үшін қолданылатын әдістер.
3. Конвертерде балқытуды шихталау кезіндегі аса күрделі міндетт түсіндіру.
4. Конвертерде балқыту кезінде жылу шығындарының орнын толтыруға арналған факторларды келтіру.
5. Конвертерде тотығудың экзотермиялық реакцияларынан енгізілетін жылу мөлшері бойынша элементтердің тотықтану кезектері.
6. Конвертердегі жылулық баланстың негізгі шығындық баптарын келтіру.

### **Үй тапсырмасы:**

1. Домна биіктігі бойыша болатын өзгерістер өлшеуіш аспаптармен жабдықталған.
2. Домна процесінің параметрлерін автоматтық реттеу