

Металлургия және нанотехнологиялар кафедрасы

Пән: Metallургия өндірісінің технологиясы

Мамандық: 5B070900 «Metallургия»

10-слайд- дәріс (23сл)

**Тақырып:** Әртүрлі конвертерлік процестердің  
ерекшеліктері

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

Исин Д.Қ.

## 10-Дәріс жоспары

1. Шихтада металл сынығының көп мөлшері пайдаланылатын конвертерлік процесс
2. Бірнеше мысалды талдау
3. Үрлеу кезінде оттекті ағыстың ваннамен өзара әрекеттесуі, үрлеудің «батырылған» режимі
4. Конвертерлік балқыту технологиясы

## **10 слайд – дәріс -Әртүрлі конвертерлік процестердің ерекшеліктері**

### **1. Шихтада металл сынығының көп мөлшері пайдаланылатын конвертерлік процесс**

Конвертерлік операцияның жылулық балансынан алғанда, бұл агрегатта шойынның құрамына (басты түрде кремнийдің мөлшеріне) және температурасына байланысты 20-30 % ғана металл сынығын қайта өңдеуге болады. Суық металл сынығы сұйық шойынмен жанасқанда соңғысы салқындайды және ол толық немесе жартылай қатуы мүмкін. Тек жоғарыдан ғана үрлеу жағдайында балқыту процесі 8-10 минут үрлеуден кейін ғана аяқталуы мүмкін. Егер өндіру шарттары немесе экономикалық мақсатқа сәйкестігі бойынша (металл сынығының құны шойынның құнынан

не конвертерге тиелетін металл сынығын құю сәтіне дейін қыздыру, не жылу тасығышты қосымша енгізу есебінен жылу балансының кірістік бөлігін ұлғайту, не конвертер қуысында CO-ның CO<sub>2</sub> дейін толық жануын ұйымдастыру қажет. Әдетте жылу тасығышты қосымша беру:

1) газ тәрізді немесе сұйық отынның жануы нәтижесінде металл сынығын алдын ала қыздыру үшін шілтерлер ретінде түптік үрлеуіштерді пайдаланумен;

2) түптік үрлеуіштер арқылы балқытпаға ұнтақ тәрізді көмірді немесе коксты үрлеумен;

3) конвертерге шихтаның төменгі қабаттарына көмірді үюмен және оны төменнен берілетін оттегі ағыстарында жағумен жүзеге асырылады.

төмен) шихтадағы сұйық шойынның үлесін азайту (және сәйкесінше сынықтың үлесін ұлғайту) қажет болса, онда

## **2. Бірнеше мысалдрды талдау**

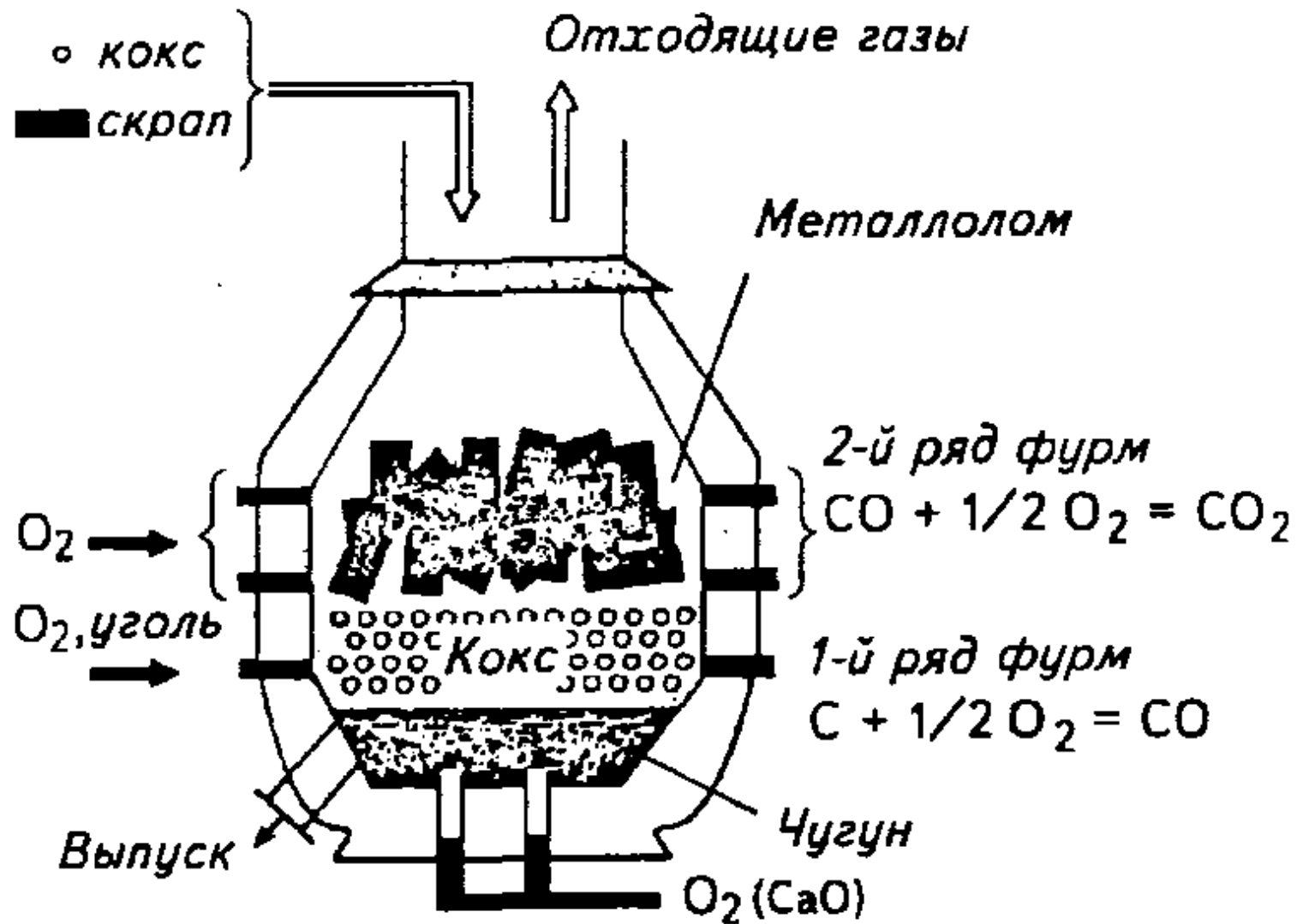
7.19-суретте KMS процесінің сұлбасы көрсетілген. KMS конвертері (неміс зауыттары мен фирмаларының атаулары бойынша: Klöckner, Maxhütte және Stahlherstellung сөздері) төменнен көмір немесе кокс ұнтағын, газ тәрізді немесе сұйық көмірсутекті, оттекті, қысылған ауаны, аргонды, азотты, сондай-ақ, әкті беру үшін үрлеуішпен жабдықталған. Ваннаға ұнтақ тәрізді реагенттерді (көмірді немесе әкті) беру үшін көмірсутекті қорғанышы бар құбырдағы құбыр типті үрлеуіштерді пайдаланады.

### **KMS процесіне келесі сатылар кіреді:**

- 1) конвертерге тиелген сынықты оттекпен бірге түптік үрлеуіштер арқылы берілетін отынмен қыздыру;
- 2) оттекті жоғарғы немесе қосымша бүйірлік үрлеуіштер

арқылы беру жолымен ваннадан бөлінетін CO-ны CO<sub>2</sub> дейін конвертер қуысында толық (жартылай) жағу;

3) балқытпаға жылу тасығышты (кокс немесе көмір шаңын) үрлеу. Балқытпаға қатты отынды бір мезгілде сору және ваннаны инертті газбен араластыру жылу алмасудың жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді. Металдың қожбен қарқынды араласуы және әктің балқытпамен түйісу бетінің үлкен ауданы күкіртсіздендірудің және фосфорсыздандудың жақсы шарттарын қамтамасыз етеді. Sumitomo Metal Ind. фирмасы (Жапония) PSM (Process-Scrap-Melting) деп аталатын процесті әзірлейді (7.20-сурет): кесек кокс қабатына жиынды (металл сынығы) тиеледі. Мөлшерінде ~4,5 % C бар шойынды және 0,03 %-дан кем S алады. Шығарылатын газдар жиындыны қыздыра отырып, салқындайды.



7.20-сурет – PSM-процестің сұлбасы

Конвертерлерде сынықтың үлкен массаларын қайта өңдеу проблемасын шешудің барлық аспектілерін қарастыру кезінде келесі күрделіліктерді есепке алу қажет:

1. Жоғары температураларға дейін қыздырылған қатты металл шихтасының бетіне оттегі ағыстарын беру кезінде шихтаның жергілікті қызуы, балқуы және булануы. Сонымен бірге шаңның аздауы және шығарылуы артады, отқа төзімділердің қызмет ету шарттары нашарлайды. Сондай-ақ, зиянды қосылыстар лақтырындылары да болуы мүмкін.
2. Жылу тасығыш ретінде көмірді пайдалану кезінде көмірде күкірт пен азот мөлшерінің болуын.
3. Конвертерде балқытылатын болаттың тазалығы сынықтың тазалығымен, ең алдымен түсті металл



қоспаларының мөлшері бойынша елеулі шамада анықталады.

4. Сынықты алдын ала қыздырғанда балқытудың ұзақтығы едәуір артады.

Есептеулер және жинақталған тәжірибе үйінді құрамына енгізу кезінде және тас көмір, кокс, антрацит және т.с.с. жылу тасығыштарды үйінді құрамына енгізгенде немесе балқыту барысында үрлеу кезінде сынықтың өнімділігі төмендетілмей жұмсалуды 30-35 %-ға дейін ұлғайтылуы мүмкін екенін көрсетті. Көп ұлғайғанда агрегат конструкциясын және оның өнімділігін өзгерту қажет.

**3. Үрлеу кезінде оттекті ағыстың ваннамен өзара әрекеттесуі, үрлеудің «батырылған» режимі**

Реакциялық аймақ параметрлері. Реакциялық аймақтың пішініне және геометриялық өлшемдеріне ваннаның және бүкіл конвертердің конструкциялық өлшемдері, оттекті пайдалану дәрежесі, тотықтырып тазартудың жүру жылдамдығы және т.б. байланысты болады.

Үрлеуіштің түсірілу шамасына қарай оттек ағысының сұйық ваннаға динамикалық әсері ұлғаяды. Ағысты тереңдету ұлғаяды. Оттекті ағынның қозғалу жылдамдығының ұлғаюымен кері ағыспен тартылатын сұйықтық қабаты аса күрделі деформацияларға ұшырайды. Газ ағысы ваннаның бетімен кездескен жерде динамикалық арынның өсуімен шашыранды түзілу қарқындылығы ұлғаяды, ал тереңге өтетін ағыс шашырандылардың бір бөлігін қамтып, оларды сұйықтыққа тартады. Ағыстың динамикалық арынының

әрі қарай ұлғаюы, осыған орай, кратердің тереңдетілуі, сұйықтықтың статикалық қысымы шағылысқан ағыстың шығуына едәуір кедергі келтіруіне және сонымен бірге оның кратерден ағу шарттарын анықтауына әкеледі.

Оттекті конвертерде металды үрлеудің нақты жағдайларында балқытпа беті деңгейінің орны үрлеу барысында үздіксіз өзгереді. Көміртектің тотығуы өзінің түріне қарай ірі бөлшекті эмульсияға жақын болатын газ-қож-металл қоспасының түзілуі салдарынан ванна деңгейінің қарқынды көтерілуін тудырады.

Металда көміртек мөлшері төмен болғанда үрлеудің бастапқы кезеңінде Үрлеудің басында және аяғында үрлеуіш ваннаның үстінде орналасады да, үрлеуді ашық ағыспен жүргізеді. ванна бастапқы қалпына келеді.

Ваннаның көтерілуі нәтижесінде үрлеуіштің орналасуы өзгермегенде көміртектің қарқынды тотығуы кезеңінде тереңдетілген ағыспен үрлейді, ол кезде ванна бетінің деңгейі үрлеуіш ұштығының кесу деңгейінен едәуір жоғары болады.

Ванна көтерілгенде және газ-қож-металл эмульсиясының түзілуі күшейгенде реакциялық аймақтың бүкіл көлемі балқытпаға батырылған болады және жұмыс кеңістігінің атмосферасымен тікелей қатынас болмайды.

Реакциялық аймақта сұйықтық пен газ қозғалысының өзара әрекеттесуінің нақты картинасы экзотермиялық процестердің жүруімен күрделенеді, сондықтан қазіргі уақытта дәл сипатталуы және модельденуі мүмкін емес.

Үрлеу қарқындылығының өсуімен ағысты металл ваннаға енгізу тереңдігі ұлғаяды. Бұл үрлеудің бірқалыпсыз жүруіне және конвертерден шығару мен лақтырудың ұлғаюына, осыдан, жарамды шығысының төмендеуіне және процестің техника-экономикалық көрсеткіштерінің нашарлауына әкеледі. Сондықтан қазіргі уақытта барлық конвертерлер көп соплолы үрлеуіштермен жабдықталған.

Үрлеу басталған сәтте соплодан шығатын суық оттегі ағысы, ванна бетінен көтерілетін ыстықтай шығарылатын газдар ағыстарымен өзара әрекеттеседі, олардың температурасы және шаңдануы кең аралықта ауытқиды. Сонымен бірге, ағыстың температурасы және оның құрамы өзгереді, үрлеу сәтінде ванна бетінің сипаты да өзгереді.

Ағыстардың механикалық әсерінен және металдың араласуынан басқа, ваннаның бетінде қалыңдығы үздіксіз өзгеретін қож жамылғысы түзіледі. Нәтижесінде оған ағыс соғылатын орта серпімсіз болады. Басталып келе жатқан көміртектің тотығу процесі мол газ бөлінуін тудырады; бөлінетін СО көпіршіктерінің массасы ваннаның деңгейін көтереді. Үрлеуіштің қозғалмайтын жағдайында бұл үрлеудің үрлеуішті ваннаға батырумен жалғасуына әкеледі (тереңдетілген ағыс режиміне).

В.И. Баптизманский және В.Б. Охотский көптеген зерттеулер негізінде оттекті жоғарыдан беру кезінде конвертерлік ванна құрылысының келесі сұлбасын ұсынды (7.21-сурет). Жоғарыдан үрлеу кезінде үрлеуіштің 1 соплолары арқылы ағатын оттекті ағыстар 2, төмен құлайтын ағыс бөлігінің 3

## 7.7 Үрлеу кезінде оттекті ағыстың ваннамен өзара әрекеттесуі, үрлеудің «батырылған» режимі **жалғасы**

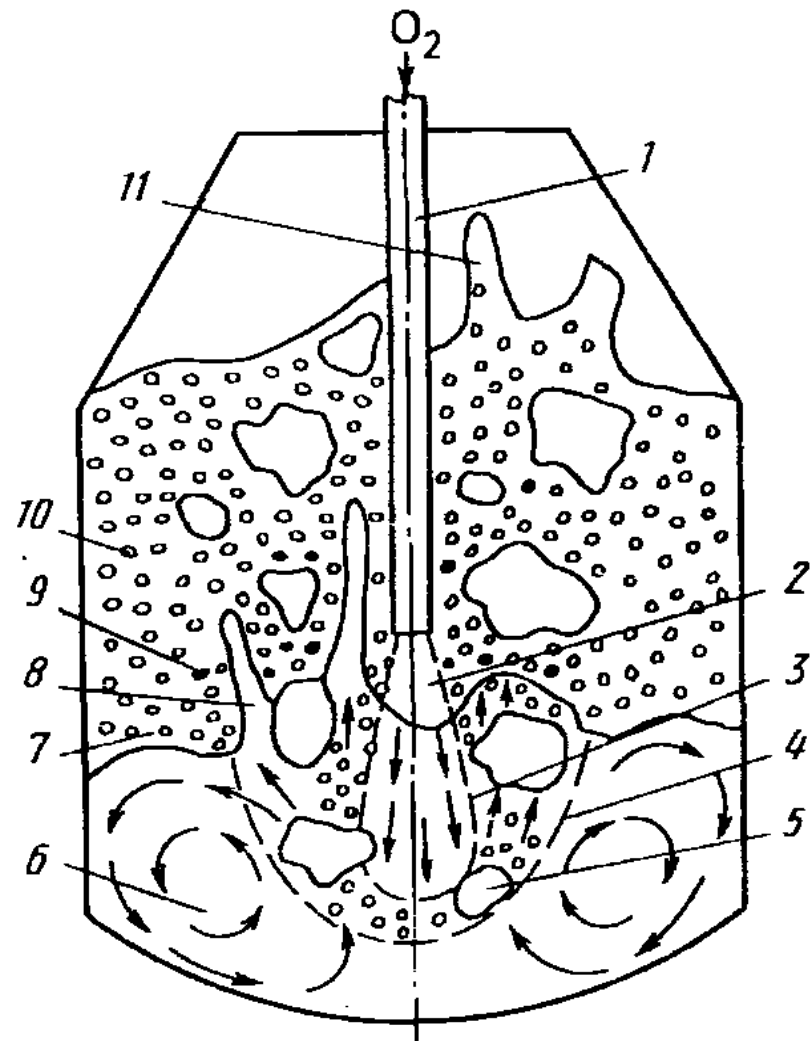
шекараларымен бірінші реттік реакциялық аймақты құрып, ваннаға 6 ендіріледі. Бірінші реттік реакциялық аймақтағы ағыстар жылдамдығы осьтен шет жаққа қарай және ағыстың ваннамен кездескен орнынан аймақ осі бойымен төмен қарай азаяды. Бағдарлап қарағанда, жылдамдық 10-100 м/с құрайды, ал динамикалық арын векторы ағын бойымен төмен қарай бағытталған (мұнда және әрі қарай вектордың бағыты стрелкалармен көрсетілген). Екінші реттік реакциялық аймақтың 4 шекаралары аралығында металда ерітілген элементтері бар темір оксидтері реакциясының өнімдері, атап айтқанда, көміртектің тотығу өнімдерінен,

тұратын газ көлемдері (көпіршіктері) 5 бөлінеді. Әрбір көпіршік бетіне қалқып шығып, сұйық металды өзінің алдына итереді ал оның басқа үлестері газ көлемдерінің арт жағында қозғалып, босатылатын орынды иеленеді. Бұл реакциялық аймақта 10 м/с жылдамдықпен қозғалатын металл ағындарын тудырады (мұнда жылдамдық векторы газ көлемдерінің қозғалуына сәйкес жоғары қарай бағытталған).

Егер ваннаның шет жақ бөлігінің өлшемдері тым үлкен болмаса, онда үрлеуіш 1 осі арқылы өтетін әрбір вертикаль қимада ағындардың бір тұйықталған циклі түзіледі. Егер ваннаның шет жақ бөлігінің өлшемдері елеулі болса, онда ағындардың екі циклі түзілуі мүмкін, олардың біреуі – реакциялық аймаққа, екіншісі конвертер қабырғасына жақын орналасатын болады.



Конвертерлік ваннаның шет жақ бөліктерінде ағындардың қозғалу жылдамдығы тек жанама әдістермен бағаланады. Алынатын нәтижелер тіпті шамасының ретіне қарай ерекшеленеді (жылдамдықтың аса ықтимал мәні 1 м/с). Газ көлемдері металл ваннаның бетінде бұзылады, онда шалпылдар 8 түзіледі. Көбіктенген қож 7 металл шалпылдарының биіктігін азайтады және олар қож қабатының аралығынан тыс шыға алмайды. Онда металдың конвертерден шығарылатын газдар ағынымен шығарылуы минимум болады. Қож фазасында бұзылып, шалпылдар тамшыларға 9 ұсақталады, олардың өлшемі 0,1-10 мм-ді құрайды және одан артық болуы мүмкін. Тамшылар меншікті массасының әсерінен қожда тұнады, сонымен бірге олардың массасы неғұрлым аз болса, тұну ұзақтығы соғұрлым көп болады.



7.21-сурет – К<sub>1</sub>  
бергендегі сұлбасы

кті жоғарыдан

Тұну процесінде тамшылар өз араларында коагуляциялануы немесе жаңа шалпылдармен бірігуі мүмкін. Көміртектің тотығу жылдамдығының артуымен олардың қождағы мөлшері жоғарылайды; ол қождың негізділігі 1,5-1,7 болғанда максимум болады, өйткені қожда  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  (екі кальцийлі силикат) топтамаларының пайда болуы салдарынан оның тұтқырлығы ұлғаяды.

Түйіршік тәріздес ұнтақтың санына сәйкес келетін көпіршіктер 10 қож қабатында пайда болып және реакциялық аймақтан келетін газ көлемдерімен бірге кідіріп, қождың көбіктенуін тудырады. Көпіршіктердің қожда болу ұзақтығы олардың өлшемдерімен, тұтқырлығымен және қождың беттік қасиеттерімен анықталады.

Газ көлемдері 5, реакциялық аймақтан өткенде де көбіктенген қож қабаты биіктігінің ұлғаюын тудырады. Сонымен бірге көбіктенген қож-металл эмульсиясы конвертердің мойынына келеді. Бұзылу нәтижесінде газ көлемдерінің көбіктенген қожында қож-металл эмульсиясының 11 шалпылдары түзіледі. Егер қож-металл эмульсиясының деңгейі конвертердің мойынына айтарлықтай жақын орналасса, онда жеке шалпылдар мойын арқылы агрегаттың сыртына лақтырылады. Кейде эмульсия мойын арқылы асып төгіледі. Қож лақтырындылары деп аталатын бұл құбылыс металдың түйіршік тәріздес ұнтағы түрінде шығындарымен қатар жүреді, конвертер сауытының бітелуіне әкеледі және қызмет көрсетуші персоналдың жұмысын күрделілендіреді.

Лақтырындыларды болдырмау үшін қождың көбіктену қарқындылығын, ваннаның деңгейін және оның ауытқуларын азайтуды қамтамасыз ету қажет, яғни қождың тотыққандығын, көміртектің тотығу жылдамдығын азайту, үрлеуді бытыраңқылату талап етіледі.

#### **4.Конвертерлік балқыту технологиясы**

Оттекті конвертерлерді пайдаланудың көп жылдық тәжірибесі шихтаны тиеудің келесі тәртібін барлық жерде орнатуға мүмкіндік берді. Алдыңғы балқытудан кейін босатылған конвертерге металл сынығын тиейді (металл сынығы бар науаны алдын ала өлшейді және конвертерге күні бұрын жеткізеді); тиеу кезінде науаны кранның көмегімен еңкейтеді (төңкереді) де, металл сынығы конвертерге төгіледі.

Металл сынығын конвертерге тиеген соң сұйық шойынның қажетті мөлшерін құяды (шойын таситын шөміштері бар құрамды конвертерге алдын ала береді). Шойынды құю аяқталған соң конвертерді вертикаль қалпына орнатады, оттекті үрлеуішті түсіреді де, үрлеуді бастайды.

Қож түзетін және қоспа материалдарды конвертерге алдын ала ұнтақталған түрінде (20-25 мм фракцияға дейін) енгізеді. Мұндай материалдарды сусымалы деп атайды. Сусымалы материалдарды үш тәсілмен береді:

- 1) барлық сусымалы материалдарды шойынды құйғанға дейін (шойынның астына) немесе тіпті металл сынығын тиегенге дейін конвертерге тиейді;
- 2) сусымалы материалдарды жоғарыдан үрлеу барысы бойынша үздіксіз енгізеді;

3) сусымалы материалдардың бір бөлігін (жартысына жуығын) үрлеудің басталуымен бір мезгілде қосады, қалған бөлігін үрлеу барысы бойынша бірнеше минут ішінде үздіксіз енгізеді. Көбінесе үшінші тәсілді пайдаланады. Қазіргі заманғы конвертерде балқытудың ұзақтығы 30-45 минутты құрайды, соның ішінде:

Металл сынығын толтыру және шойынды құю .....5 – 10 мин

Оттеппен үрлеу..... 12 – 17 мин

Сынамаларды төгу, іріктеу, температураны өлшеу.....4 – 6 мин

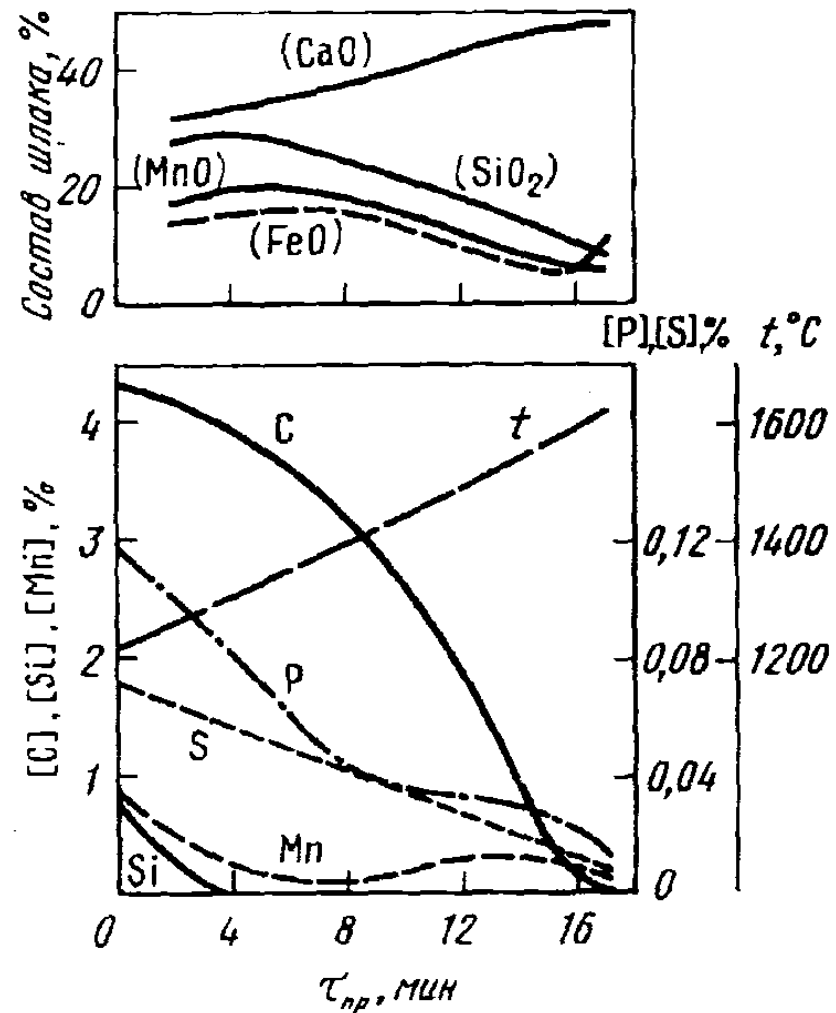
Металл мен қожды төгу, шегенді тексеру және жөндеу...8 – 12 мин

Конвертерлік балқытудың типтік диаграммасы 7.22-суретте келтірілген, одан оттекті беру басталған сәттен бастап, конвертерде қоспалардың тотығу, ваннаның қызу және қож түзілу процестерінің бір мезгілде жүретіні көрініп тұр.

Осы процестердің барлығы өзара байланысқан; сондай-ақ, олардың жүруі шихта және қож түзетін материалдардың құрамы мен сипатына, үрлеуіш конструкциясына, оттектің қысымы мен жұмсалуына және үрлеудің ұйымдастырылуына байланысты. Эксперименттік деректерге сәйкес бірінші реттік реакциялық аймақтың қож фазасында темір оксидтерінің мөлшері 90-98 %-ға дейін жетеді. Газ-металл бөлігінің шекарасында оксидтер қабыршағы болғанда металл оттегін осы қабыршақ арқылы беру мына сұлба бойынша жүреді:

- 1)  $2(\text{FeO}) + 1/2\text{O}_2 = (\text{Fe}_2\text{O}_3)$  газбен шекарада;
- 2)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  оксидтер қабаты арқылы масса тасымалдау;
- 3)  $(\text{Fe}_2\text{O}_3) + \text{Fe}_c = 3(\text{FeO})$  металмен шекарада;
- 4) оттектің  $(\text{FeO}) = \text{Fe}_c + [\text{O}]$  металда еруі.





7.22-сурет – Оттекті конвертерде балқыту жүрісі бойынша қождағы металл мөлшерінің өзгеруі

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Алдыңғы балқытудан кейін босатылған конвертерге шихта материалдарын тиеу тәртібі.
2. Конвертерге алдымен қандай материалды тиейді?
3. Конвертерге енгізетін сусымалы материалдардың аталуы.
4. Марганецтің тотығу реакциясына анықтама беру.
5. Конвертерлік өндірістің қазіргі заманғы практикасын сипаттау.
6. Бір қожды процесс пен екі қожды процестің айырмашылығын анықтау.

### **Үй тапсырмасы:**

1. Қазіргі заманғы каупер аппараты
2. Шойынды қорыту процесінің бақыланатын және реттелетін параметрлері