

Металлургия және нанотехнологиялар кафедрасы

Пән: Metallургия өндірісінің технологиясы

Мамандық: 5B070900 «Metallургия»

13-слайд- дәріс (24)

Тақырып: Доғалы пештерде электрмен болатты
балқыту процесі (жалғасы)

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

Исин Д.Қ.

13-Дәріс жоспары

1. Тотығуы бар «жаңа» шихталардағы доғалы пештерде болатты балқыту технологиясы
2. Металдың қышқылсыздануы
3. Сұйық болатты пештің сыртында өңдеу
4. Тотығусыз қоспаланған қалдықтарды қайта балқыту технологиясы («таза» қайта балқыту)
5. Ауыр жүк аса қуатты доғалы пештерде болатты балқытудың ерекшеліктері
6. Негізгі техникалық көрсеткіштер

пештің сыртында өңдеу әдістері және басқа технологиялық тәсілдері қолданылады. Шихтада фосфордың төменгі құрамы бар металл сынықтары болуы мүмкін.

13-слайд- дәріс(24сл). 1. Шикі материалдар және доғалы пештерде балқытуға шихталарды дайындау

Жоғары сапалы болатты балқыту кезінде шикі материалдарға ерекше талаптар қойылады. Электрмен болатты өндіру үшін негізгі материал болат және темір сынықтары, кеуекті темір, металданған шекем тас, қоспаланған металл сынықтары, жұмсақ темір, қайта балқытылған шойын (коксті немесе ағаш көмірлі); қож түзушілер; тотықтырғыштар; қоспа материалдары (қышқылсызданған және қоспалаған) және көміртексіздендірілгендер.

Болат және темір сынығы түсті металдармен ластанбауы тиіс, қатты тотыққан, жеңіл салмақты болмауы тиіс, бірақ өте ірі болмауы тиіс. Металл сынығы ұсақ, орташа және ірі деп бөлінуі керек және көміртегі, қоспалағаны бойынша сұрыпталуы тиіс. Кеуекті темір – металл сынықтарының айырбастағышы. Қож түзуші материалдар негізінен әк және әктас, сондай-ақ, плавикалы шпат, кремнезем, шамот болып табылады. Ферроқорытпалар және таза металдар түрінде дара немесе кешенді енгізіледі. Оларға FeMn, FeSi, FeTi, Al, SiMn, SiCa, SiZr, SiAlMn және т.б. жатқызуға болады. Қоспалаушы элементтер, мысалы, Ni, Co сияқты, жоғарыда аталған FeCr, FeW, FeV, FeMo, FeNb, FeB және т.б. жоғары физика-техникалық және арнайы қасиеттері бар болатты алуға мүмкіндік береді.

Олардың көбісі темірмен қорытпа түрінде пайдаланылады.

1. Тотығуы бар «жаңа» шихталардағы доғалы пештерде болатты балқыту технологиясы

Пеш шегенін толтыру. Алдыңғы балқыманы шығарудан кейін пешті магнезитті ұнтақпен толтырады, табанынан және еңістерінен бұрынғы қалдықтарын жояды. Көптеген зауыттарда толтыру машиналарының көмегімен механикаландырылған толтыру қолданылады. Пешке шихталарды тиеу. Шихта кесектерінің өлшемі мен оларды тиеу тәртібіне байланысты балқыту ұзақтығы мен электр энергиясының шығынына байланысты. Тәжірибеде байқалғандай табанның астын ұсақ шихталармен (10 %), сосын ірі ~ 40 %, орташа – 20-30 % шихталармен

толтыру және үстін – уатылған өзекше түріндегі ұсақ шихталармен (~ 20 %) толтыру ұсынылады.

Ірі шихта электрод астына түсуі тиіс. Көптеген зауыттарда шихтамен бірге қоспалардың, әсіресе фосфордың тотығуы бар балқытуды орналастыру үшін СаО (2-3 %) бөлігі және темір рудасы (1-3,0 %) тиеледі. Шойынды, негізінен ең үстіне тиейді. **Шихталардың балқуы.** Үйінді аяқталған соң токты қосады, жылу әсерінен доға, электрод астындағы шихта балқиды. Автоматика доға ұзындығын тұрақты ұстап тұрады, сондықтан балқыту мөлшерін ұлғайту шамасы бойынша электродтарды жоғары көтереді. Сұйық металдың пайда болуымен балқыту қожының түзілуімен ауа оттегінің есебінен шихта қоспалардың тотығуы болып табылады (СаО, от қабыршақ, тат және т.б.), ол әдетте

SiO_2 , MnO , Al_2O_3 , FeO , CaO , P_2O_5 окистерінен және т.б. тұрады. Балқыту мерзімінің қож және электрлік режимі $\leq 0,015$ % балқытуы бойынша [P] құрамын қамтамасыз етуі тиіс. Бұдан басқа, балқытудың аяғына қарай FeO рудасы, шекем тас немесе газ тәріздес оттегіні үрлеу есебінен 0,20-0,25% C тотығады. Ванна қайнайды, ал бұл қож бен металл арасындағы өзара әрекеттесудің физика-химиялық процестерін үдетеді. Қож көбіктенеді және табалдырық арқылы ағып кетеді. Қож балқыту мерзімінің соңына қарай шамамен мынадай құрамда болады, %: 35-40 CaO ; 15-25 SiO_2 ; 8-15 MgO ; 5-20 FeO ; 5-10 MnO ; 3-7 Al_2O_3 ; 0,5-1,2 P_2O_5 . Балқыту уақыты ішінде электр доғасының аймағында металдың, әсіресе темірдің 3-дан 6 %-ға дейін булануы байқалады.

Балқытуды үдету үшін кейде пештің күмбезі немесе қабырғасы арқылы жұмыс кеңістігіне енгізілетін газқышқылды шілтерлер қолданылады. Газдың жануынан бөлінетін жылу есебінен балқыту ұзақтығы және электр энергиясының шығыны қысқарады (10-15 %-ға). Темірдің, сондай-ақ, марганецтің, кремнийдің, газ тәріздес оттегінің, металдың басқа қоспаларының тотығуы жылудың елеулі бөлігінің бөлінуімен өтеді, яғни металл сынықтарының балқуын үдетеді. Оттегінің 4-6м³/т шығыны кезінде балқыту ұзақтығы 10-20 минутқа қысқарады.

Тотығу мерзімі пештен балқыту мерзімінде пайда болған қождың 65-75 % ағызған кезінен басталады. Қожды тоқты ажыратпай құяды, пешті жұмыс терезесінің жағына қарай 10-12°-ға еңкейтеді.

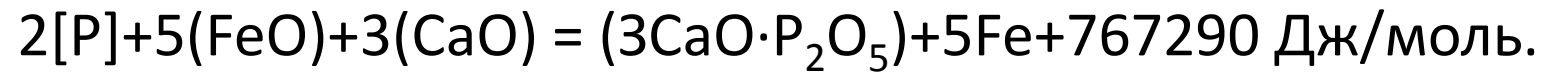
Қожды ағызуды қожға өткен фосфорды пештен алып тастау үшін жүргізеді. Қожды алып тастаған соң, пешке қож түзушілер орнатылады: 1-1,5 % әк және қажет болса 0,15-0,25 % балқыту шпаты, шамот соққышы немесе боксит.

Барлық тотығу кезеңінде ваннаға сұйық жылжымалы қожды қалыптастырғаннан кейін темір рудасын әкпен бірге енгізеді немесе оттегімен үрлеуді жүргізеді; қожды ағызуда арналған пеш осы мерзім ішінде жұмыс терезесінің жағына қарай еңкейтіледі. Руданы орналастыру немесе оттегімен үрлеу СО көпіршіктерінің, көбіктенген қождың бөлінуімен көміртегінің қарқынды тотығуын тудырады, соның нәтижесінде ол пештен жұмыс терезесінің табалдырығы арқылы ағып кетеді.

Қазіргі кезде доғалы пештерде тотығу мерзімінде қожды сорып алусыз электрмен болатты балқыту технологиясы кеңінен таралған. Осы мерзімнің жылу режимі көміртегінің тиімді тотығуы (V_c), алынатын болаттың сапасын жақсартатын болатты алудың басты реакциясы, металл ваннасының қарқынды қайнауы басты ерекшеліктер болып табылады.

Көміртегі құрамының азаюымен сәйкес ваннадағы металл температурасы жоғарылауы тиіс, өйткені металдың қиын балқуы өседі. Практикалық деректерден құрылымдық болат үшін тотығу мерзімінің аяғына қарайғы температура $\sim 1630-1640^\circ \text{C}$; аспаптық болат үшін $\sim 1590-1600^\circ \text{C}$ болуы тиіс, яғни ликвидус температурасынан $100-130^\circ \text{C}$ артық болуы тиіс.

Көміртегінің тотығуы темір рудасымен немесе газ тәріздес оттегісі бар оның алмастырғышымен жүргізіледі. Барлық тотығу мерзімі ішінде мына реакциялар бойынша металды фосфорсыздандыру өтеді:



Реакцияның табысты өтуі үшін қождың жоғары негізі және ондағы темір тотығының концентрациясы, сондай-ақ, төмен температура қажет.

СО көпіршіктерімен қайнау кезінде металдан сутегі мен азот жойылады. Бұл процесс электр-болаттың сапасын арттыру үшін үлкен маңызы бар. Қайнау мен араластыру металл температурасын теңестіру және оны қыздыруды үдетуді қамтамасыз етеді.

Тотығу мерзімі соңындағы қож шамамен келесі құрамда болуы тиіс, %: 35-50 CaO; 10-20 SiO₂; 4-12 MnO; 6-15 MgO; 3-7 Al₂O₃; 6-30 FeO; 2-6 Fe₂O₃; 0,4-1,5 P₂O₅. Қождағы темір оксидінің құрамы болаттың балқитын маркасында көміртегі құрамына байланысты; жоғарғы шегі төменгі көмірсутекті болат үшін, ал төменгі шек – жоғары көміртекті болатқа тән.

Тотығу мерзімі көміртегі болаттың балқитын маркасында оның құрамының төменгі шегіне дейін тотыққан, ал фосфордың құрамы 0,010-0,015 %-ға дейін азайған. Мерзім тотығу қожын ағызумен аяқталады, ол жұмыс терезесінің жағына қарай пештің көлбеулігі арқылы іске асады, сондай-ақ, ұзын темір шыбықтарға отырғызылған ағаш тарақтың көмегімен қолмен іске асырылады.

Тотығу қожын толық сорып алу қажет, өйткені оның құрамындағы фосфор тотығу мерзімі уақытында металға кері өтпеуі тиіс. Тотығу мерзімі 30 минуттан 90 минутқа дейін ұзарады.

5. Пештен шөмішпен шығару кезінде болатты өңдеу үшін сұйық жылжымалы жоғары негізгі қожды дайындау.

2. Металдың қышқылсыздануы. Оттегі болаттағы зиянды қоспа болып табылады. Ол болаттағы күкіртті темірдің ерігіштігін төмендетеді, осы арқылы күкірттің зиянды әсерін күшейтеді. FeO құйма кесектің тұрып қалуы кезінде ерігіштіктің азаюынан сұйық фазаны байытатын ерітіндіден түседі. Бұл жерде FeO көміртегімен реакцияға түседі, CO түзіледі, ал бұл көбіршікті құйма кесектердің түзілуіне әкеледі. FeO с Si, Mn, Al реакциясы болаттың металл емес ендірмелермен ластануына әкеледі (НВ). FeO болаттың иілгіш қасиеттерін нашарлатады, соққылы тұтқырлықты азайтады, түйіршіктер шекарасы бойынша оттегі ендірмелерінің бар болуынан илем және соғу кезінде ойықтар түзіледі.

Металдың қышқылсыздануы, яғни ондағы еріген FeO тотықтыруды үш әдіспен жүргізуге болады:

1. Шөгуші.

2. Диффузиялық.

3. Шөгуші-диффузиялық.

1. *Шөгуші (тереңдіктегі) қышқылсыздандыру* FeMn, FeSi және A1 түрінде кесекті қышқылсыздандыру жылдам жүреді, бірақ металда (HB) түріндегі қышқылсыздандыру өнімдері қалуы мүмкін.

2. *Диффузиялық қышқылсыздандыруда* біріншінің кемшіліктері жоқ, бірақ уақыт бойынша ұзақ, яғни жоғары газбен қанығуға әкеледі. Бұл ретте осы әдіс кезінде металл және қождың екі араласатын жанасатын сұйықтықтары арасындағы оттегіні бөлу заңы пайдаланылады.

Қышқылсызданудың физика-химиялық жағдайы. Электр пештерінде CO 70%-ға дейінгі құрамы бар қатты тотығу атмосферасы пайда болуы мүмкін, жұмыс кеңістігінде атмосфералық ауаны сорып алуды азайтатын оң қысымды ұстап тұру керек.

Қышқылсыздандырғыштар ретінде: C, CaC₂, FeMn, FeSi, Al, FeTi, Zr; кешенді қышқылсыздандырғыштар: SiMn, SiCa, Si-Al-Ca, Al-Mn-Si қолданылады. Кокс ұнтағы түріндегі ұнтақталған қышқылсыздандырғыштар, FeSi, SiCa, Al.

3. Сұйық болатты пештің сыртында өңдеу

Сұйық болатты пештің сыртында өңдеу қышқылсыздандырғыштар, десульфураторлар, түрлендіргіштердің термодинамикалық белсенділігін арттырады, меншікті реакциялық үстіңгі бетті арттыру есебінен физика-химиялық реакциялардың кинетикалық процестердің жылдамдығы, реагент диффузиясының, жою (МК) жылдамдығы ұлғаяды. Өңдеу нәтижесінде [H], [N], [O]; (МК) және [S] газдардың құрамы маңызды өзгереді; химиялық құрамы мен температура орташаланнады, металл жақын реттегі біртектілік бойынша тепе-теңдік жағдайына жақындайды. Электрмен болатты пештің сыртында өңдеу тәсілдері:

1. Вакуумдау (шөміште, шөміштен шөмішке ағынды құю,

бөліктік, айналмалы).

2. Ar, N₂ инертті газдармен үрлеу.

3. Шөміште сұйық болатты меншікті ақ және синтетикалық әк-глинозем қожбен өңдеу.

4. Ar, N₂ көтергіш газдармен SiCa, P3M, CaC₂, CaCN₄ ұнтақтармен.

5. «Пеш-шөміш» артық қыздыруы бар аралас тәсілдер, «АКОС» және т.б.

Вакуумда болатты газсыздандыру. Вакуумда тұрған сұйық болат ондағы көміртегімен қышқылданады, [H] және [N] тазарады. CO көбіршіктері шөмішті шегіндеумен металл қабатының жанасқан жерінде оңай түзіледі. CO молекулалары саңылауды бітейді және сонда CO көпіршіктерін түзеді.

5. Тотығусыз қоспаланған қалдықтарды қайта балқыту технологиясы («таза» қайта балқыту)

Осы әдісті қолдану электрмен болатты балқыту кезінде қоспаланған қалдықтардың елеулі мөлшерін пайдалануға, сонымен қатар қымбат тұратын ферроқорытпаларды үнемдеуге мүмкіндік береді. Өйткені тотығу мерзімінсіз жүргізіледі, онда балқыту ұзақтығы шамамен 10÷15 %-ға, соған сәйкес электр энергиясының шығыны қысқарады, қоспалаған элементтерде металл азаяды. Процесс, негізінен, бір қожды.

Балқыту үшін шихта құрамдастары:

1. Қоспалаған қалдықтарды және осыған ұқсас маркалы болат 70 %-ға дейін.

2. Жұмсақ темір (ЖТ) қалғандары құрамы бойынша $[C] \leq 0,05-0,06 \%$; $[P], [S] \leq 0,01 \%$.

3. Қоспалаған элементтер, Cr, W сияқты ферроқорытпалар түрінде шихтамен бірге төменгі шекке тиеледі.

4. Ni, Mo, Cu, Co жетіспейді. 5. Қож түзуші ретінде $CaCO_3$ әктас қолданылады. Оның ыдырауы кезінде CO_2 газ металл ваннада барботажданады және шамамен тотығуы бар «таза» шихта сияқты $[N]$ құрамы 0,006-0,011 %-ға дейін азаяды.

Металдың азаюы есебінен барлық элементтер бойынша шихтаны есептеу жүргізіледі. Металдың жалпы азаюы – 4-5 %;

$[Si]$ – 30-50%; $[Mn]$ – 10-20%; $[Cr]$ – 10-15%; $[Al, Ti]$ – 80-100%.

Барлық шихталық материалдар құрғақ күйінде қолданылады, себебі металдың қайнауы жоқ, яғни газсыздандыру болмайды.

Балқыту мерзімі жоғарыда қарастырылған трансформатордың максимум қуатының аналогтары бойынша оны жабық доғада артық тиеу кезінде жүргізіледі, таза оттегіден басқа, қарқындатудың барлық әдістері пайдаланылады. Құрамында вольфрам бар болатты және қорытпаны балқыту кезінде балқыту мерзімі жартылай қышқыл шамотты қожбен жүргізіледі, өйткені негізгі қож кезінде қосындысы ($n\text{CaO} \cdot m\text{WO}_3$) түзіледі және вольфрамды шығару елеулі түрде азаяды. Қожды балқытқаннан кейін, негізінен, сорып алынбайды, тотыққан қоспалаған элементтерді толық тотықсыздандыру

мақсатында шөгу – диффузиялық қышқылдану жүргізіледі. Тотықсыздану мерзімі болаттың химиялық құрамына байланысты ақ, карбидті, әлсіз карбидті қожбен жүргізіледі. Болатты берілген құрамға дейін жеткізеді, бұл ретте оңай қышқылданатын Ti, Al, Zr және басқа элементтер қышқылданған металды немесе металдың азаю есебінен шөмішті пешке қалыптасқан уақыт технологиясына сәйкес толық орналастырады. Ақырғы қышқылдану $A1 \approx 0,3 \div 0,5$ кг/т; Al + SiCa; Al + B; Al СЖМ (сирек металл). Болатты шығару кезінде, мүмкіндік бойынша, меншік ақ қожбен өңдеу қажет. Бұл дайын металда шамамен күкірттің 30-50 % азайтуға және (МК) синтетикалық қожды қолданусыз төмендетуге мүмкіндік береді. Конвертерлік процесте болатты электрмен балқыту басымырақ.

Тотығусыз таза қайта балқыту кезінде [H], [N] металдан газсыздандыру жоқ, сондықтан сұйық болатты аргонмен, вакууммен пештің сыртында өңдеудің әр түрлі нұсқаларын міндетті қарастырған жөн. Мұндай жағдайда осы процестің болатты электрмен балқытудың техникалық-экономикалық және сапалық артықшылықтары толықтай іске асырылған болады.

6. Ауыр жүк аса қуатты доғалы пештерде болатты

балқытудың ерекшеліктері. Бұл электрмен болатты балқыту агрегаттары болатты пештің сыртында өңдеу және үздіксіз құюдың қазіргі заманғы әдістерін пайдалана отырып үлкен масштабта көміртекті, төмен қоспалаған болатты өндіруге арналған. Мұндай пештерде тотығу-тотықсыздану реакцияларының физика-химиялық процестерінің

өту мүмкіндігі күрделі. Сондықтан металл мен қождың қарқынды араласуын қамтамасыз ету қажет.

Қажет болса, трансформатор қуатын, аса қуатты пеш функциясын (500-1000 кВА/т) неғұрлым толық пайдалану қажеттілігі электр энергиясының минимум шығыны бар шихтаның жылдам және үнемді балқыуына, қоспаның тотығуына ([C], [P]) және металды қыздыруға әкеледі. Аса қуатты пештер үшін металды тазарту, толтыру, шихталарды тиеу, металды шығару және т.б. сияқты көмекші операциялардың ұзақтығын қысқарту ерекше маңызға ие болады. [7]. Аса қуатты пештерде балқытудың ұзақтығы классикалық технологиясы бар пештерге қарағанда 1,0-1,5 сағатты құрайды. Балқыту мерзімінде электр энергиясының шығынын азайту мақсатында жылудың баламалы көздері – күмбезді,

13-ЛЕК (продолж) 5. Ауыр жүк аса қуатты доғалы пештерде болатты балқытудың ерекшеліктері

қабырғалы, оттегілі фурмалардың газ оттегі шілтерлері, күмбезді CH_4 , CO_2 , N_2 және қабырғалы. Бұл ретте электр энергиясының шығыны 250 кВт-ч/т-ға дейін азаяды. Осы бағытта 600-800° С температураға дейін қалдық газдардың үйіндісі алдында металл сынықтарын артық қыздыру әрекет жасайды.

Тотықсыздану мерзімі, яғни болаттың берілген химиялық құрамға және температураға дейін тазалау және жеткізу пештің сыртындағы өңдеу агрегаттарында жүзеге асырылады, цехтағы оның жиыны балқитын болат сортаментімен, оның сапасына қойылатын талаптармен, пайдаланылатын шихталық материалдар түрінде анықталады. Пеште металды дайындау пештің сыртында өңдеудің басқа түрінде берілген температураға дейін қыздырудан, жартылай

13-ЛЕК (продолж) 5. Ауыр жүк аса қуатты доғалы пештерде болатты балқытудың ерекшеліктері өнімдердің құрамын анықтау, шөміште металды құю кезінде тотығу қожын елеуден тұрады. Шығару кезінде тотығу қожынан толық елеу (шығару уақыты = 2-3 мин) пештен шыққан балқыманың түбінен, эркерлік және сифондық құюын қамтамасыз етеді.

6. Негізгі техникалық көрсеткіштер

Электр пешінің жылдық өнімділігін (т құйма кесектер) мына формула бойынша санауға болады:

$$П = T - \frac{24}{100t} an,$$
 мұнда T – сұйық болат бойынша пештің сыйымдылығы, т; t – балқыту ұзақтығы, с; a – сұйық болат массасына қатынасы бойынша жылдық құйма кесектерді шығару, %; n – жылына пештің жұмыс тәулігінің саны; 24 – тәуліктегі сағат саны.

13-ЛЕК (продолж)

13-слайд- дәріс (жалғасы) Жұмыс тәулігінің саны (n) сумен салқындайтын элементтер және отқа төзімді шегендеуді жөндеу кезінде пештің тоқтап тұру уақыты есебінен күнтізбелік уақытқа тең. Қазіргі заманғы пештер үшін ұсынылатын n мәндері мынадай:

Пеш сыйымдылығы, т	6	12	25	50	100	150
Жұмыс тәуліктерінің саны, тәу/ж	350	345	339	320	313	302

Бақылау сұрақтары:

1. Электрмен болатты өндіру үшін негізгі материалдар және оларға қойылатын талаптар.
2. Жоғары физика-техникалық және арнайы қасиеттері бар болатты алуға арналған материалдар.
3. Тотығуы бар «жаңа» шихталардағы доғалы пештерде болатты балқыту үшін пешті дайындау және шихталарды тиеу кезектілгі.
4. Доғалы пештегі шихталардың балқуын қысқаша түрде баяндау.
5. Доғалы пештегі балқытуды үдету үшін қолдалылатын амал.
6. Доғалы пештегі балқытуды аяғына қарай табысты өтуі үшін әртүрлі пайдаланатын амалдар.

Үй тапсырмасы:

1. Корекс технологиясының жалғасы.
2. Болатты жіктеу