

Металлургия және нанотехнологиялар кафедрасы

Пән: Metallургия өндірісінің технологиясы

Мамандық: 5B070900 «Metallургия»

7-слайд- дәріс (23сл)

Тақырып: 7-слайд- дәріс. Домна пешінің ішкі кеңістігінде болатын технологиялық процестер (екінші бөлігі)

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

Исин Д.Қ.

7-Дәріс жоспары

1. Газ құрамы мен мөлшерінің өзгеруі.
2. Газ қысымының өзгеруі
3. Негізгі техникалық көрсеткіштер
4. Үрлеуді беру және қыздыру
5. Домна пешінің жүрісін басқару
6. Домна пешін тұтату және босату

1. Газ құрамы мен мөлшерінің өзгеруі. Жалғасы CO қосылады, ал жоғарыда, жанама тотықсыздану аймағында (900-1000 °C төмен температуралы аймақта) CO₂ газы қосылады. Газдағы сутегі мөлшері, жоғарыда айтылғандай, шамамен өзгеріссіз қалады, бірақ газ мөлшерінің артуына байланысты ондағы сутегі мөлшері азаяды. Соңында газ құрамының өзгеруі, ең алдымен, оның CO₂ көміртегі диоксидімен байытылуына әкеледі. Мойын газында (пештен шығарылатын), газ тәріздес және сұйық көмірсутектерін қолдану мен үрлеуді оттегімен байытуды ескерсек, %: CO 22-30, CO₂ 15-22, N₂ 45-55, H₂ 5-11 мөлшері болады. Домнада балқыту жүрісінің маңызды көрсеткіші газды фазадағы CO₂/CO қатынасы; осы қатынастың артуы (CO₂ мөлшерінің жоғарылауы) газдың тотықсыздандыруы жұмысының жақсаруын дәлелдейді (темір оксидтерінің кері тотықсыздану деңгейінің артуы).

Домнада балқыту жүрісінің маңызды көрсеткіші газды фазадағы CO_2/CO қатынасы; осы қатынастың артуы (CO_2 мөлшерінің жоғарылауы) газдың тотықсыздандыруы жұмысының жақсаруын дәлелдейді (темір оксидтерінің кері тотықсыздану деңгейінің артуы).

1. Газ мөлшерінің өзгеруі. Газдың пештің жоғарғы бөлігіне көтерілу шамасына қарай олардың көлемі, ең бастысы, оларға шихта оттегісінің CO мен CO_2 түрінде қосылуы салдарынан, яғни тотықсыздану процестерінің жүруі нәтижесінде өзгереді. Үрлеу мөлшеріне қатысты көрік газының мөлшері 21-23 %, ал мойындағы газ 38-40% өседі. Үрлеуді оттегімен байыту кезінде үрлеу шығыны және газ мөлшері азот мөлшерінің төмендеуі салдарынан азайып отырады. Мойын газының шығарылымы пеш көлемінің 1м^3 сағатына 120-200 м^3 немесе 1400-2000 $\text{м}^3/\text{т}$ шойынға тең.

2. Газ қысымының өзгеруі. Газдың ең көп статикалық қысымы домна пеші көрігінде үрлеуіштер жанына бекінеді және газдың шихта материалдарының қабаты арқылы жоғары қозғалысы, үрлеу беретін ауа үрлегіш машинаның жұмысы жасайтын осы қысым салдарынан туындайды. Газдардың көріктен мойынға қарай қозғалыс шамасына байланысты газдың статикалық қысымы азаяды, өйткені газдың шихта кесектеріне үйкелу салдарынан қысым жоғалады (арын жоғалады); басқаша айтқанда, қысым шихта материалдары қабатының кедергісін игеруге жұмсалады. Шихта діңгегінде қысым шығынының шамасы, басқаша айтқанда, көрік пен мойын арасындағы қысымның құбылуы (Δp) шихта қасиеттеріне (газ өткізгіштік), пеш биіктігімен анықталатын шихта діңгегінің биіктігіне, пештегі газ қозғалысының жылдамдығына байланысты.

.

Пеш көлемін 1000-нан 5000-5500 м³-қа дейін арттырғанда, Δp шамасы шамамен 0,11-0,13 пен 0,18-0,20 МПа аралығында өседі. Газдардың қозғалыс жылдамдығының әсері, оның жоғарылуы кезінде газдардың шихтаға үйкелу күші артып, қысым жоғалу шамасы, яғни Δp жоғарылауынан байқалады. Δp шамасы мүмкін болатын шектен асып кетпеу керек, ол қысымның ауыспалы күйдегі айырмашылығы ($\Delta p_{кр}$) деп аталады. Үрлеу шығынының артуы пештегі газ қозғалысы жылдамдығының өсуіне әкеледі және белгілі бір жылдамдыққа жеткен кезде үйкеліс күші соншалықты өседі: шихта кесектері аспалы күйге көшеді, яғни төменге қозғалуды тоқтатады, бұл шихтаның тегіс түсуін бұзады және пеш жұмысының нашарлауын білдіреді.. Осы үрлеу шығынының және газ қозғалысы жылдамдығының максимум мүмкін

мәндеріне қысымның мүмкін (аумалы күй) болатын айырмасы ($\Delta p_{кр}$) сәйкес келеді. Сәйкесінше, қысым құбылысы ауыспалы мәнінен асып кетпейтіндей етіп үрлеу шығынын ұстап тұрады. Газ қозғалысын бағалау критерийі ретінде жылдамдық емес, қысымның пайдаланылуы, газдардың көтерілу жылдамдығы пештің көлденең қимасының әр түрлі учаскелерінде әр түрлі болуымен түсіндіріледі, сондықтан қысымды өлшеу оңайырақ. Балқыту барысын бақылауды жақсарту үшін көрік пен мойын арасындағы жалпы қысым айырмасы Δp ғана емес, сонымен қатар жоғарғы айырма (шахта ортасы – мойын) мен төменгі айырманы (шахта ортасы – көрік) да өлшейді.

Пештің әр түрлі учаскелеріндегі қысым шамалары өзара байланысты. Көріктегі қысым (үрлеуіштердегі үрлеу қысымы, p_{ϕ})

.

ауа үрлегіш машина жұмысымен қамтамасыз етіледі, бірақ оның шамасы мойындағы қысымға p_k және көрік пен мойын арасындағы қысым айырмасына Δp байланысты орнатылады, онымен мына қатынаста байланысады:

$$P_{\phi} = p_k + \Delta p$$

Жоғары газ қысымымен жұмыс істейтін пеш мойнындағы қысым (абсолютті) $\sim 0,2$ -ден $0,3-0,33$ МПа-ға дейінгі шекте болады (пештегі жоғары қысымсыз $p_k = 0,106 \div 0,112$ МПа); айырма шамасы $\Delta p = 0,11 \div 0,19$ МПа (46-сурет), пеш көлемі өскен сайын артады; p_{ϕ} шамасы $0,45-0,5$ МПа дейін жетеді

3. Негізгі техникалық көрсеткіштер. Домна пеші жұмысын сипаттайтын негізгі көрсеткіштер: уақыт бірлігіндегі өнімділік және бір тонна қайта балқытылатын шойынға кететін кокс шығыны. Әр түрлі көлемді домна пештерінің өнімділігін бағалау үшін мына көрсеткішті қолданады: *пайдалы көлемді пайдалану коэффициенті* (п.к.п.к.), ол пештің пайдалы көлемінің V , оның орташа тәуліктік өнімділігіне P қатынасы болып табылады, т/тәулік: п.к.п.к. = V/P . *Пайдалы көлемді пайдалану коэффициентінің* өлшем бірлігі $m^3 \cdot \text{тәулік}/t$.

П.к.п.к. есептеу үшін тәуліктік емес, орташа тәуліктік қорытуды, яғни қандай да бір ұсынылған кезең ішінде (ай, квартал, жыл) орташаны, күрделі жөндеулер жүргізуге кеткен уақытты алып тастағанда, қолданады. П.к.п.к. төмен болған сайын, домна пеші соғұрлым өнімді жұмыс істейді.

П.к.п.к. төмен болған сайын, домна пеші соғұрлым өнімді жұмыс істейді. Соңғы қырық жылда пайдалы көлемді пайдалану коэффициенті 1,15-тен 0,55-ке дейін екі есе жақсарды, ал алдыңғы қатарлы зауыттарда ол 0,4 және төмен болады. Қазіргі таңда 1т шойынға кететін шихтаның темірі мөлшерлі бөлігінің шығыны 1,5-1,9 құрайды,. Кокстың меншікті шығыны, атап өткендей, 350-600 кг/т құрайды. Берілетін үрлеу мөлшері 1,6-2,3 м³ пештің 1м³ көлемінің бір минутта 1,6-2,3 м³ шегінде болады. Қождың шығуы - 300-600 кг/т, мойын газының шығуы 1 м³ пеш көлеміне бір сағатта (1400-2000 м³/т) 120-200 м³ тең. Еңбек өнімділігін әдетте домна цехының бір жұмыскеріне келетін шойынның жылдық қорытылуымен өрнектеледі. Оны қолданбалы шойынның тоннасымен көрсетеді, жаңа заманғы зауыттарда ол бір жұмыскерге 8 мың т аса құрайды.

.

4.1 Үрлеуді беру және қыздыру

Құйындата ауа үрлегіштер. Қазіргі уақытта домна пеші жұмыс кеңістігінде, дайындалған шихтада, үрлеуге оттекті және көмірсутек мөлшерлі компоненттерді қосқанда газ қысымы жоғары болған кезде жұмыс істегенде пешке үрленетін ауа мөлшерінің нормасы домна пешінің 1 м^3 пайдалы көлеміне $1,6-1,8\text{ м}^3/\text{мин}$ құрайды. Сонымен, пайдалы көлемі 2000 м^3 пешке минутына $3600-4400\text{ м}^3$ ауа берілуі тиіс. Ауаның осындай мөлшерін беру үшін арнайы жоғары өнімді машиналар қажет. Зауыттарда центрден тепкіш машиналар – құйындата ауа үрлегіштер қолданылады.

Пешке берілетін үрлеуді қыздыру. Оның негізінде Каупердің ауа жылытқышы жұмыс істейтін жылуды регенерациялау принципі келесіден тұрады: жану өнімдері жоғарыдан төмен қарай жүріп, кірпіш арналары

бойымен өтеді; кірпіш қалауы жылудың жеткілікті мөлшерін алғанда, ол арқылы жану өнімдерінің өтуі тоқтатылады да, қыздырылған арналар арқылы суық үрлеу өткізіледі. Ол жану өнімдері тогының бағытына кері бағытта, яғни төменнен жоғары қарай беріледі. Кірпіш қалауы өзінің жылуын ауаға беріп салқындайды. Сонымен, жылу қайта күшейеді немесе жылуды регенерациялау болады.

Қазіргі заманғы Каупер аппараты. Биіктігі бойынша 50-55 м-ге және сыртқы диаметрі бойынша 9-13 м-ге жететін ауа ауа жылытқыштар өлшемдерінің едәуір ұлғаюына байланысты қаптамаларды ауа үрлегіш үшін қаңылтырларының 25-40 мм және оны шығарылатындай (диаметрі 3-5 м) орнату жағдайында жану шахтасы үшін 20 мм қалыңдығымен 14Г2, 09Г2С, 10Г2С маркалы төмен қоспаланған болаттан жасайды.

4.2 Бақыланатын және реттелетін параметрлер. Көптеген параметрлерді бақылау қажет. Бұл параметрлерді бақылау үшін домна пеші көрсетуші, тіркеуші және реттеуші аспаптармен жабдықталады. Температураны өлшеу үшін негізінде термоэлектрлік пирометрлер (термопаралар) және кедергі термометрлері қолданылады. Суық үрлеу температурасы хромель-копельді термопарамен, ал кейде кедергі мыс термометрімен өлшенеді. Термопара суық үрлейтін ауа құбырында өлшеу диафрагмасына дейін орнатылады. Термопараның ыстық қосылығы тыспен қорғалмайды. Ыстық үрлеу температурасы платина-платина-родийлі термопарамен өлшенеді. Термопара айналмалы ауа құбырынан 0,5-1,0 м арақашықтықта ауа құбырының ыстық үрлейтін тік учаскесінде орнатылады. Термопараның ыстық қосылығы тыспен қорғалмайды.

Домна процесінің параметрлерін автоматтық реттеу. Қазіргі заманғы домна пештерінде үрлеу температурасы және ылғалдылығы, мойындық газдың және ауа жылытқыштарды жылытуға келетін газдың қысымы автоматтық түрде реттеледі, яғни берілген тұрақты деңгейде ұсталынып тұрады. Қазіргі уақытта көптеген домна пештері үрлеуді үрлеуіштер бойынша автоматтық реттеу жүйесімен жабдықталған. Жүйенің жұмысы барлық үрлеуіштер үшін ортақ импульсті (бас импульсті) әрбір үрлеуіштегі үрлеу шығынын көрсететін импульстермен салыстыру принципіне негізделген.

Үрлеуіштердегі өлшегіш органнан болатын сигналдар қысым айырымы түрінде дифференциалдық манометрлерге түседі, олардан пневматикалық сигналдар реттеуші блоктарға және тіркеуші аспаптарға беріледі.

5. Домна пешінің жүрісін басқару

Пештің жүрісін тағайындайтын белгілер

Ол кезде материалдар баяу, қалыпты жылдамдықпен түсірілетін пештің жүрісі тура жүріс деп аталады. Алайда тіпті қазіргі заманғы балқыту жағдайларында пештің жүрісі жиі ауытқуларға ұшырайды және өздігінен реттеле алмайды, үнемі қызмет көрсетуші персоналдың араласуын талап етеді. Берілген балқыту шарттары үшін қорытылатын шойынның маркасымен анықталатын пештің белгілі жылулық режимі анықталады. Домна пешінің қалыпты жүрісінен ауытқу туралы шойынның және қождың құрамы және олардың температурасы, үрлеуіштерде жарқырауы, шихта материалдарының жиналу жылдамдығы және бақылау-өлшеу аппаратурасының көрсеткіштері бойынша айтады.

Шойындағы – кремний мен күкірттің, ал қождағы темірдің шала тотығы мен кремнеземнің мөлшері домна пешінің қызуын көрсетеді. Пештің қызуы жоғарылағанда шойындағы кремнийдің мөлшері ұлғаяды, ал күкірттің мөлшері азаяды (қождың тұрақты негіздігі болғанда); қызу төмендегенде кремнийдің мөлшері азаяды, ал күкірттің мөлшері ұлғаяды. Шойындағы осы элементтердің мөлшері туралы химиялық талдауды алғанға дейін ол науалар бойымен аққан кезде оның сыртқы түрі бойынша және қатып қалған сынаманың сынуы бойынша айтуға болады. Кремний мөлшері 1,5 %-дан жоғары болатын химиялық ыстық шойын ұшқындамайды, көп графит бөліп шығарады. Кремний мөлшерінің азаюына қарай графиттің бөлінуі тоқтатылып, алдымен ірі және сирек, сонан соң аса ұсақ және жиі ұшқындар пайда болады.

Сонымен бірге ұшқын шойынның бетіне жоғары көтеріледі. Кремний мөлшері 0,5 %-дан төмен болғанда шойынның бетіне ұсақ ұшқындар шашырап көтеріледі. Шойында кремний мөлшері жоғары болғанда (> 1 %) қатып қалған сынаманың сынуы түйіршікті құрылыммен берілген; кремний мөлшері аса төмен болғанда – сәуле тәрізді сыну. Күкірт мөлшері 0,06 %-дан артық болғанда шойынның бетінде оған тән майлы дақтар пайда болады. Пештің қызуы туралы қождың негіздігі және ондағы темір тотығының мөлшері бойынша айтуға болады. Пештің қызуы неғұрлым жоғары болса, пеш соғұрлым аса негізді болады, себебі шихтаның өзгермейтін негіздігі кезінде онда кремнийдің көп мөлшерінің тотықсыздандыруы нәтижесінде аз кремнезем қалады. Сонымен сынықтағы қож сынамасының күңгірт, тас түріндегі беті бар. .

Шамадан тыс негізді қож қатқан соң ұнтаққа үгітіледі. Пештің қызуы азайғанда қождың негіздігі төмендейді, сынық жылтыр, шыны түрінде болады. Қождың қатқан сынамасын бояу да пештің қызуын сипаттайды. Қызу жоғары болған кезде темір шала тотықтан толығымен дерлік тотықсыздандырады – сынықтағы қож ашық түсті. Қызудың азаюы қожда темірдің шала тотығы мөлшерінің ұлғаюына әкеледі – сынық сұр түске, сонан соң қара түске боялады. Ыстық жүрісті қож пештен аққанда қатты қызуы бойынша ашық түсті, газ едәуір бөлінеді; суық жүрісті қож – қарақызыл түсті, газ бөлмейді, науалар бойымен босаң жүреді, ағын өзектерді тартады. Шойын мен қождың температурасын өлшегенде шығарылғанда соңғысы пештің қызуы туралы айтарлықтай дәл айтуға мүмкіндік береді.

Домна пешінің жүрісіндегі бұзылыстарды болдырмау үшін руда жүктемесін өзгерту, пешке бос берістерді тиеу, үрлеу температурасын немесе ылғалдылығын өзгерту, тиеу режимін өзгерту, шихтаның жасанды шөктіру сияқты тәсілдер пайдаланылады. **Руда жүктемесі.** Пеште қалған агломерат, шекем тастар немесе руда массасының (яғни мойындық шаңның шығарылуын шегергенде, пешке тиелген массаның) кокс массасына қатынасы руда жүктемесі деп аталады. Балқытудың қазіргі жағдайларында қайта балқытылатын шойынды қорыту кезіндегі руда жүктемесінің шамасы 3-4 құрайды. Пештің жылулық режимін берілген деңгейде ұстап тұру мақсатында руда жүктемесінің шамасын өзгертеді. Бос берістер. Руда материалдарының мөлшері жоқ беріс бос деп аталады. Мұндай берістер шихта материалдары діңгегін қопсыту және пешті қыздыру үшін қолданылады.

Материалдар пешке аса ірі кесекті материал – коксты тиеу нәтижесінде ғана қопсытылады. Пешті қыздыру үшін бос берістерді қолдану елеулі суытқан кезде мақсатқа сәйкес болады. **Үрлеу температурасы.** Қыздырылған үрлеумен енгізілетін жылу домна пешінің жылулық балансында елеулі роль атқарады. Сондықтан балқытудың жылулық режимін реттеу үшін үрлеу температурасының өзгерісін кең аралықта пайдалануға болады. Қазіргі уақытта үрлеуге көмірсутек мөлшерлі компоненттерді қосумен тудырылған төменгі бөліктің жылуды қажет етуінің ұлғаюынан және шихта материалдарының физикалық қасиеттерінің жақсартылуынан **үрлеу температурасы 1100-1300°С дейін жеткізілген. Тиеу режимі.** Пештің жүрісін жүктеу режимін өзгертумен реттеу тәсілі аса тиімді болып табылады,

өйткені газдың химиялық және жылулық энергиясын жақсылап пайдалану кезінде пештің бірқалыпты жүрісіне қол жеткізуге мүмкіндік береді. Пештің жүрісін жүктеу режимін өзгертумен реттеу беру шамасын, толтыру деңгейін, материалдарды пешке түсіру тәртібін және айналмалы үлестіргіштің жұмыс істеу программасын өзгертуге келтіріледі. Жүктеу режимін өзгерту пеш жүрісінің нормадан кез келген ауытқуы кезінде кезекті реттеу шарасы болып табылады.

5. Домна пешін тұтату және босату

Домна пешін тұтату – бұл одан пеш кампаниясы басталатын операция. Қайта салынған немесе күрделі жөнделген домна пешінің тұтатудан оны күрделі жөндеуге тоқтатуға дейінгі жұмыс уақыты кампания деп аталады. Тұтату кампанияның ұзақтығына, кампания

уақытында пештің қалыпты жұмысына, балқытылатын шойынның сапасына және пеш жұмысының апатсыздығына елеулі таңба салады. Пешті қалыпты тұтату минимум қысқа уақытта максимум өнімділікке қол жеткізумен жалғасуы тиіс. Пешті және ауа жылытқыштарды кептіру. Кептіру қайта салынған немесе күрделі жөнделген домна пешінің тұтатудың алдындағы қажетті операция болып табылады. Кептіру міндеті отқа төзімді қалаудың тұтастығын бұзбай оның жіктерінен ылғалды жою болып табылады. Пеш табанды және көрікті көміртегілі отқа төзімділермен қалағанда кептіру ерекше мәнге ие болады, өйткені ылғал пеш табан мен көрікті шегендеу көміртегімен өзара әрекеттесіп, оны бұзады. **Домна пешін тұтатуға** дайындау. Кептіру аяқталған соң жүктеу аяқталғанға дейін кокстың тұтануын болдырмау үшін пешті

шегендеу 50-60°C температураға дейін салқындатылады, сонан соң пешті тұтатуға дайындау басталады. Салқындатуды жеделдету үшін атмосфералық клапандарды, газ шығарғыштардағы және конус аралық кеңістік қаптамасындағы люктерді және толтыру аппаратының үлкен конусын ашады.

Тұтатуға дайындау отынның жылдам тұтануын, пештің жұмыс істеуінің алғашқы сағаттарында шихта материалдары діңгегінің қалыпты түсірілуін және балқыту өнімдерін шығару үшін шойын ағын өзектің ашылуын қамтамасыз ететіндей жүргізілуі тиіс. Пешті тұтатқанда үрлеу температурасы 700-800°C кокстың жылдам тұтануын оңай қамтамасыз етеді. Кокстың жылдам тұтануына толық кепілдік беру үшін үрлеуіштердің алдына шағын мөлшерде ағаш төселеді.

Пеш көрігіне отынды жүктеу келесі түрде орындалуы мүмкін. Пеш көрігіне үрлеуіш аспаптардың тесіктері арқылы конвейерлермен коксты жүктейді. Көрікті кокспен толтырған соң ауа үрлеуіштерінің горизонтында көріктің бүкіл көлденең қимасы бойында ағашты төсейді. Пешті арнайы тұтату шихтасымен әрі қарай жүктеу пеш мойыны арқылы жүргізіледі. Пеш көрігін кокспен жүктемей, бүкіл биіктігін ағашпен толтыру не болмаса жоғарғы алаңы ауа үрлеуіштері деңгейінен біршама жоғары орналасатын ағаш тұғырды орнату барлығынан да жақсы болады. Тұғырдың негізі пеш табанға орнатылатын ағаш бөренелер болады. Тұғырға ағашты төсейді, сонан соң толтыру аппараты арқылы шихтаны жүктейді. Ағаш жанғанда немесе тұғырдың құлауы нәтижесінде пештің жұмыс істеуінің алғашқы сағаттарында тұтатудан кейін

шихта материалдарын түсіру үшін қолайлы жағдайлар жасалады, себебі жоғарыда жатқан шихта үшін орын жылдам босатылады. Сонымен қоса, кокс пештің жұмыс істеуі үшін зиянды салқындату тудырмай, көрікке қатты қыздырылған күйінде келеді.

Пеш табанды оған қатты қыздырылған кокс құлағанда термиялық соққыдан қорғау үшін, пеш табанға түйіршіктелген қож қабатын салады. Көрікке коксты тиегенде соңғысы баяу қыздырылады да, өте нашар жанады, бұл материалдар діңгегі түсірілуінің тоқтатылуына және пеш табанда суық кокстан алынған балқымайтын массаның және шойын ағын өзектің ашылуын және балқытудың алғашқы өнімдерінің шығарылуын қиындататын, жеткіліксіз қыздырылған тұтқыр қождың түзілуіне әкеледі.

Бақылау сұрақтары:

1. Қандай жағдайда көрік газының құрамы өзгеріске ұшырайды?
2. Қандай жағдайда көрік газының мөлшері өзгеріске ұшырайды?
3. Қандай жағдайда домна газының қысымы өзгеріске ұшырайды?
4. Қандай жағдайда шихта кесектері аспалы күйге көшуі мүмкін?
5. Домна пештерінің өнімділігін бағалау үшін көрсеткіштерді анықтау.
6. Пешке берілетін үрлеуді қыздыру процесін баяндау.

Үй тапсырмасы:

1. Домна пешіне үрлеуді оттегімен байыту
2. Домна пешінде *табиғи газ қолдану*