

Металлургия және нанотехнологиялар кафедрасы

Пән: Metallургия өндірісінің технологиясы

Мамандық: 5B070900 «Metallургия»

6-слайд- дәріс (23сл)

Тақырып: Домна пешінің ішкі кеңістігінде болатын технологиялық процестер (бірінші бөлігі)

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

Исин Д.Қ.

6-Дәріс жоспары

1. Қождың түзілуі және қож қасиеттері туралы жалпы түсінік
2. Қож сапасы мен мөлшерінің домна пеш жұмысына әсері.
3. Домна пешіндегі шойынды күкіртсіздендіру
4. Көріктегі процестер, домна пешінде шихта мен газдың таралуы және қозғалысы
5. Пеш көрігіндегі процестер
6. Пештегі газдар температурасының, құрамының, мөлшерінің және қысымының өзгеруі

6 - дәріс. Домна пешінің ішкі кеңістігінде болатын технологиялық процестер (бірінші бөлігі)

1. Қождың түзілуі және қож қасиеттері туралы жалпы түсінік

Домна пеште негізгі өнім – шойыннан басқа сұйық қож түзіледі, ол домнада балқыту процестерінің жүруін және нәтижесін анықтайды. Сондықтан әр түрлі балқыту жағдайында қождың түзілу процестері мен оның қасиеттерін зерттеуге үлкен көңіл бөлінеді.

Сұйық қож домна пешінде тотықсызданбаған руда оксидін, флюсті және кокс күлін түсіру кезінде қыздыру нәтижесінде пайда болады. Қождың жалпы компоненттері: домна пеште тотықсызданбайтын (CaO , MgO , Al_2O_3) немесе аз тотықсызданатын (SiO_2) кальций, кремний, алюминий, магний оксидтері. Сонымен қатар қожда аз мөлшерде темір оксиді, марганец оксиді және металл сульфидтері болады.

Руда шихтасын 1100-1200°C температураға дейін, кейде бұдан да төмен температураға дейін қыздыру кезінде химиялық қосылыстар сұйық фаза түзеді, осы уақытта бүкіл материал әлі де қатты жағдайда болады. Осының нәтижесінде пісу, яғни оксид бөлшектерінің физикалық жабысуы жүреді. Белгілі бір температураға жеткеннен кейін жұмсарушы зат балқиды және аққыштық және жылжымалы жағдайға өтеді, яғни сұйық қож түзіледі. Қождың үш түрін ажыратады – алғашқы, аралық және соңғы. Алғашқы қож – эвтектикалық құрамдағы жеңіл балқымалы химиялық қосылыстардың балқуы кезінде түзілетін бірінші сұйық балқыма. Алғашқы қож көп мөлшерде болады, оксидтің негізгі массасы қатты жағдайда болады. Негізгі қож түзетін оксидтер (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO), қай қатынаста алынса да, тіпті 1300-1400°C температурада да жылжымалы қож түзе алмайды. ;

Бірақ қож пеште аса төмен температурада да табыла береді. Бұл SiO_2 , Al_2O_3 және CaO -ның темір, марганец және магнийдің тотықсызданбаған оксидтерімен әрекеттесуі кезінде жеңіл балқымалы қосылыстар мен жылжымалы қож қалыптасуымен байланысты. Мұндай қосылыстар, мысалы, $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$ (фаялит) балқиды және 1200°C шамалы температурада аққыштықты иеленеді. Қожда еритін әк пен магний оксиді химиялық қосылыстардан темір және марганец оксидтерін шығарып тастайды, кальций және магний силикаттарын қалыптастырады. Бос FeO мен MnO көміртегімен Fe мен Mn -ға дейін тотықсызданады. Үрлеуіштерге жеткенше, қождан темірдің барлық оксидтері және марганецтің аз мөлшердегі оксидтері тотықсызданып үлгереді. Мұның нәтижесінде қож байытылады SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , ал оның құрамындағы FeO мен MnO

мөлшері үздіксіз төмендейді. Көрікке түскенше, қожда шихта материалының барлық оксидтері толығымен ериді.

2. Қож сапасы мен мөлшерінің домна пеш жұмысына әсері. Көріктегі температура бірдей жағдайда қож балқуының температурасымен анықталады. Жеңіл балқитын қож пештің жоғарғы көкжиегінде салыстырмалы төмен температурада балқиды. Балқыған қож материалдың қатты кесектеріне қарағанда, тезірек қозғалады, сондықтан көрікке түскенше қызып үлгермейді де, оны суытады. Қиын балқитын қож жоғары температурада пештің төменгі көкжиегінде сұйық күйге өтеді. Нәтижесінде ол балқуға дейін жоғары температураға дейін қызады, жеңіл балқитын қожбен салыстырғанда, көрікке көбірек жылу әкеледі, яғни қиын балқитын қож көрікті жылытады.

Қож тұтқырлығы бекітілген заңнамаларға өзгерту енгізе алады. Жеңіл балқитын және сұйық аққыш қож көрікке тез түседі де, оны суытады. Егер жеңіл балқитын қож жоғары тұтқырлыққа ие болса, көрікке жылжу уақыты ішінде ол жоғары температураға дейін қызып үлгереді. Осылайша, құрамында темір оксиді көп болатын алғашқы қож қалыптасу аймағында жоғары газ өткізгіштікті қамтамасыз етеді және көрікке түскенше жылып үлгереді. Тұтқыр қождың көп мөлшері пеш жүрісінің бұзылуына әкеледі. Пеш жұмысының жағдайлары мен балқытылатын шойын түріне байланысты қож шығарылымы 1 т шойынға 0,3-тен 1 т-ға дейін өзгереді. Соңғы кездері руданы терең байыту салдарынан қож шығарылымы төмендеді және кейбір пештерде 1 т шойынға 0,2-0,4 т құрайды.

Руданы терең байыту және қож шығарылымын төмендету домна өндіріс дамуының маңызды бағыты болып табылады.

3. Домна пешіндегі шойынды күкіртсіздендіру

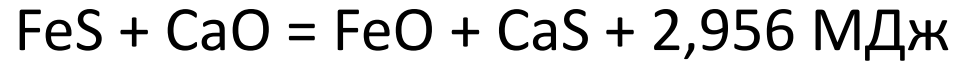
Домна пешіне күкірт бірнеше қосылыстар түрінде түседі. Руда мен флюсте ол пирит түрінде FeS_2 , кейде сульфат түрінде BaSO_4 , CaSO_4 , агломераттарда темір сульфиді түрінде FeS , ал флюстелген агломераттарда кальций сульфиді түрінде CaS болады. Онда күкірт органикалық күкірт түрінде (органикалық масса құрамына енеді) болады және күлде сульфидтер мен сульфаттар түрінде шағын мөлшерде болады.

Пешке түсетін күкірт шойын, қож және газ арасында таралады. Оның мөлшері онымен шойынды толық қанықтыруға әбден жеткілікті, онда $1000-1500^\circ\text{C}$ кезінде

0,9% S еруі мүмкін, бұл уақытта пештен шығарылу кезінде шойында 0,01-0,07% S мөлшеріне жол беріледі.

Сондықтан күкірт шойынға ауысып кетпес үшін, бірақ бұл кокстың қосымша шығынына және пеш өнімділігінің төмендеуіне байланысты болса да, арнайы шаралар қолданылады. Шойындағы күкірт мөлшерін төмендету үшін, темір сульфиді аз түзілуі үшін, мүмкіндігінше пеште қалатын күкірттің кальциймен, магниймен және марганецпен анағұрлым толық байланысуына тырысу қажет. Бұл мақсатқа жету күкіртсіздендіру процесінің термодинамикалық және кинетикалық заңдарымен анықталады. Магний мен кальций, марганецке қарағанда, аса күшті күкіртсіздендіргіштер болып табылады. Бірақ домна пеші жағдайында магний мен кальций бос күйде болмайды, сондықтан

күкіртсіздендіру реакциялары магний оксиді мен әктің өзара әрекеттесуі есебінен жүреді. Шойынның әкпен күкіртсіздену реакциясы



Қождың температурасы жоғарылаған сайын оның тұтқырлығы төмендейді және L_s максимум мәніне аса жоғары негізділік кезінде қол жеткізіледі. Сондықтан қож негізділігі мен температураның күкіртсіздендіруге әсерін кешенді түрде қарастыру керек. Қождың күкіртсіздендіру қабілетін, оның негізділігін арттыра отырып, жоғарылатуға шихтаға балқымалы шпат енгізу арқылы қол жеткізуге болады. Негізгі фтор мөлшерлі қож жоғары қозғалғыштыққа және күкіртсіздендіру қабілетіне ие. Температура күкірттің таралу коэффициентіне қож тұтқырлығының өзгерісі салдарынан ғана әсер етпейді. Температура

жоғарылаған кезде, күкіртсіздендірудің эндотермиялық реакциясының жүруі және осыған орай түзілетін темір оксидінің тотықсыздануы да жеңілденеді



FeO анағұрлым толық тотықсыздануы – күкірттің шойыннан қожға анағұрлым толық өтуінің шарты болып табылады, өйткені FeO CaS-пен $\text{FeO} + \text{CaS} = \text{CaO} + \text{FeS}$ реакция бойынша оңай әрекеттеседі. Әдетте соңғы қожда 0,3-0,7 % FeO болады. Оның қождағы мөлшерінің осы мәндерден жоғары артуына қарай шойындағы күкірт мөлшері де өседі. Алайда домна пешінде қождың кез келген температурасының жоғарылауына қол жеткізуге болмайды, ол берілген шойынды балқыту кезінде кокс шығынымен, үрлеу жылулығымен, қож құрамымен және қасиеттерімен анықталады.

Соңғы кездері қолданбалы шойын барлық зауыттарда Mn-ның аз мөлшерімен балқытылады, сондықтан қожды сұйылтатын марганец оксидінің мөлшері аса көп емес. Мұндай қождарда MgO мөлшерін 6-8 % дейін арттыру күкіртсіздендіруді әрқашан жақсартады. Негізінде бұл жағдайлар келесімен байланысты болады:

1. Кокс шығынының төмендеуі нәтижесінде пешке күкірттің түсуінің төмендеуі (темірмен бай флюстелген шихтаны, табиғи газды, жоғары қыздырылған үрлеуді қолдану), онда күкірт мөлшерінің төмендеуі, кесектеу кезінде рудадан күкіртті жою.
2. Балқытудың қожды және жылулық режимінің тұрақтылығының негізгі шарты болып табылатын шихта материалдары сапасының тұрақтылығы.
3. Жоғары күкірт сіңіру қабілеті бар қож алу (оңтайлы

негізділік, тұтқырлық, магний оксидінің мөлшері, жеткілікті жоғары қыздыру).

4. Көрігі жоғары қыздырылған пештің түзу жүрісі, онда көрікке жақсы дайындалған материалдар түседі және қожда FeO аз болады.

4. Көріктегі процестер, домна пешінде шихта мен газдың таралуы және қозғалысы

Үрлеу. Үрлеу қызметін атмосфералық ауа, кейде оттегімен байытылған ауа атқарады. Қазіргі кезде әр түрлі пештерде үрлеу температурасы 1100-1300 °С шегінде болады, үрлеуіштер алдындағы қысым 0,4-0,5 МПа жетеді, жақсы жұмыс істейтін пештегі үрлеу шығыны минутына 1,6-2,3 пеш көлемі болады.

Домна пешіне үрлеуді ауа үрлеуіш станциядан, онда орналасқан, бу турбинасы түріндегі жетегі бар, кейде

шығарда 0,45-0,59 МПа үрлеу қысымын тудыратын электр жетегі бар ауа үрлегіш машиналардан (компрессорлардан) береді. Үрлеуді оттегімен байытқан кезде соңғысын ауа үрлегіш машинаның кіру келте құбырына енгізеді. Ауа қыздырғыштар, сақиналы ауа өткізгіш үрлеуден өтеді және одан көріктің жоғарғы бөлігіне, көрік шеңбері бойынша біркелкі орналасқан 16-40 үрлеуіш арқылы түседі. үрлеуіштен шығардағы үрлеу жылдамдығы 180-240м/мин бір үрлеуішке жұмсалатын үрлеу кезінде 170-230 м³/мин.

5. Пеш көрігіндегі процестер

Домна пеші көрігінде өзара әрекеттесетін екі ағын кездеседі: түсетін шихта және көрік газдары. Жоғарыдан көрікке қатты, жоғары температураға дейін қыздырылған кокс кесектері, сонымен қатар сұйық шойын және қож түсіріледі.

Сырттан, көріктің жоғарғы бөлігінде орналасқан үрлеуіштер арқылы қыздырылған үрлеу және әдетте көмірсутек мөлшерлі қоспалар түседі. Үрлеуіштерге жақын жерде отын көміртегінің және табиғи газ немесе мазут көмірсутектерінің жану процестері жүреді.

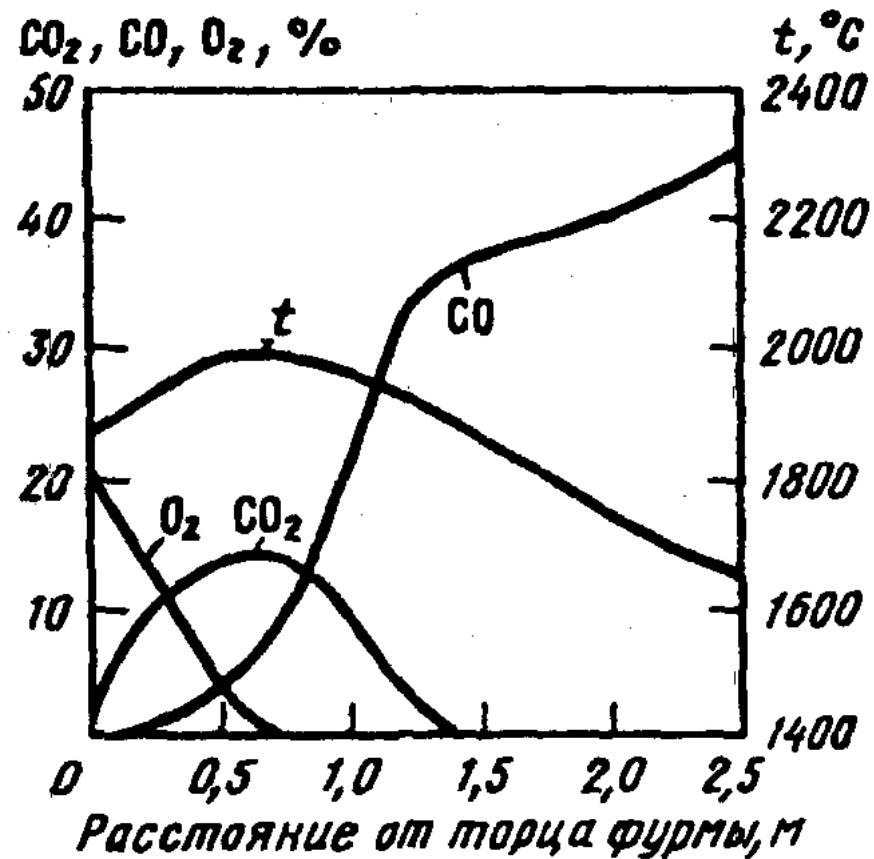
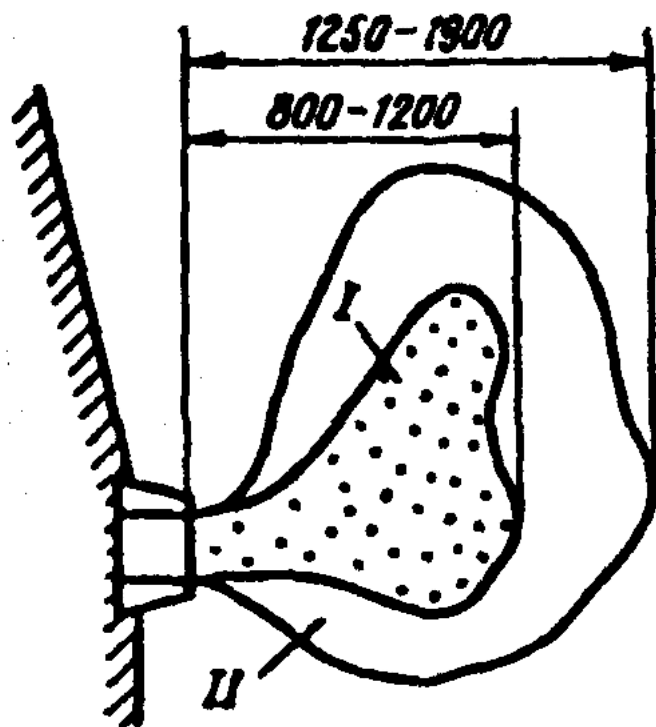
Алынатын көрік газдары түсірілетін шихтаға қарама-қарсы жоғары көтеріледі. Көріктегі негізгі және маңызды процесс – кокс көміртегінің жануы, ол:

а) шихта мен газды қыздыру үшін, тотықсыздану процестерін қамтамасыз ету үшін, шойын мен қож балқыту үшін және пештің жылу шығындарының орнын толтыру үшін қажетті жылу бөлу;

б) CO газ-тотықсыздандырғышының түзілуін;

в) кокстың қатты кесектерінің газға айналуы салдарынан бос көлемнің пайда болуын қамтамасыз

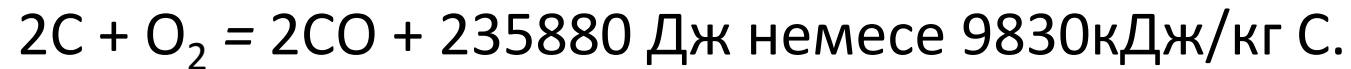
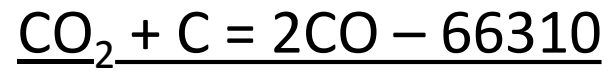
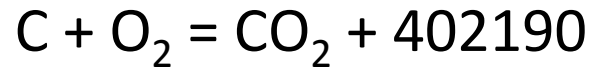
етеді, бұл шихтаның пеште жоғарыдан төмен қозғалуына мүмкіндік береді. Кокс көміртегінің тотығуы, тотықтырғыш аймақтары деп аталатын, көлемі бойынша салыстырмалы түрде шағын көрік учаскелерінде үрлеуіштерге жақын (3.7-сурет) жүреді. Үрлеу ағыстарының үлкен кинетикалық энергиясы үрлеуіштер алдында кокс кесектерінің айналысын тудырады және олар тотықтыру аймағында аспалы күйде жанып кетеді. Осындай аймақтың үрлеуішке жанасатын ішкі бөлігінде (қышқылдану аймағында I), көміртегі, оттегімен әрекеттесе отырып, CO_2 -ге дейін тотығады; оттегі жұмсалып үлгерген аймақтың перифериялық (көміртек қышқылды II) бөлігінде және CO_2 мөлшері ғана болады, көміртегі CO_2 -мен әрекеттесе отырып, осыған орай CO түзе жүріп, тотығады. CO_2 жоғалатын учаскелер тотығу аймағының шекарасы болып табылады.



3.7-сурет - Домна пешінің үрлеуіштері алдындағы тотықтыру аймағының сұлбасы

3.8-сурет-Үрлеуіштер жанындағы жану аймағында газ құрамы мен температураның өзгеруі

Осылайша көміртегі тотығуының соңғы өнімі CO болады, және тотығу процесі келесі сұлба бойынша жүреді:



Үрлеуіштерден алыстау шамасына қарай тотықтыру аймағындағы газ құрамының өзгеруі 3.8-суретте көрсетілген. Тотықтыру аймағының өлшемдері ауалы үрлеуіш осі бойынша да, пеш осі бойымен де ауа мөлшері артқан сайын, дәлірек айтқанда, үрлеу ағымының кинетикалық энергиясы жоғарылаған сайын артады және үрлеу қысымы ұлғайған, үрлеу температурасы мен үрлеудегі оттегі концентрациясы жоғарылаған кезде қысқарады.

Үлкен пештерде тотықтыру аймағының үрлеуіштер осі бойынша ұзындығы 1,7-1,9 м дейін жетеді. Кокстың жану өнімі – көрік газы, көбінесе CO мен N₂ тұрады.

6. Пештегі газдар температурасының, құрамының, мөлшерінің және қысымының өзгеруі

Жоғарыда келтірілгеннен, көрікте көміртегі оксидінен, сутегіден және азоттан тұратын, жоғары температураға дейін қыздырылған және айтарлықтай қысыммен сипатталатын газ түзілетіні көрінеді. Мойынға жылжу кезінде бұл газ қарама-қарсы жылжып келе жатқан материалға жылу береді де, өзі суиды, осыған орай оның қысымы шихта кедергісінен өту салдарынан төмендейді, ал химиялық құрамы тотықсыздану процестері нәтижесінде үздіксіз өзгереді және оның мөлшері артады.

Газ жоғары жылдамдықпен қозғалатын учаскелер жоғары температурамен және газдағы CO_2 -нің аз мөлшерімен сипатталады; осыған орай газ ағынының пеш қимасы бойынша таралуы туралы газ температурасын өлшеу нәтижелері және ондағы, мойында шихта деңгейінің үстінде өндірілетін CO_2 мөлшері бойынша, сонымен қатар үйме деңгейінен 7-12 м қашықтықтағы шихта қабатына байланысты белгілейді. Пеш қимасы бойынша газ ағынының таралуын, ең бастысы, пештің көлденең қималарының сол немесе басқа аймақтарында руда немесе кокс жүктемесін (кокс немесе агломерат үлесін) арттыра немесе кеміте отырып реттейді. **Газ температурасының өзгеруі.** Домна пешіндегі максимум температура үрлеуіштер сағасынан 500-800

.

мм қашықтықта орналасқан жану тоғысында үрлеуіштер жанында дамиды және 1900-2000 °С құрайды; тотықтыру аймақтары шекарасында ол ~1600°С дейін, ал көрік ортасында 1400-1500 °С дейін төмендейді және одан әрі газдардың жоғары қозғалу шамасына қарай төмендейді. Бұл төмендеу пеш қимасы мен биіктігі бойынша біркелкі жүрмейді; өйткені пештің әр қимасындағы температура газ қозғалысының жылдамдығы жоғары аймақта жоғары болады. Домна процесі үшін пеш биіктігі бойынша газ температурасының өзгеруі туралы деректер ерекше қызығушылық тудырады, өйткені олар газ бен шихта арасындағы жылу алмасу қарқындылығын сипаттайды.

Пештің төменгі және жоғарғы бөліктерінде жылу алмасу қарқынды жүреді (ыстық газдан анағұрлым суық шихтаға жылу берілу),

ал олардың арасындағы ортаншы аймақта жылу алмасу болмашы ғана. Пештің биіктігі бойынша ортаншы бөлігін немесе аймағын жылу алмасу тұрғысынан бос немесе резервті деп атайды. Мұндай «бос биіктіктің» болуы домнашыларға домна пештерінің биіктігін одан әрі ұлғайтудың мақсатсыздығы туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді, өйткені бұл газдардың жылуын шихтаға анағұрлым толық беруді қамтамасыз етпейді және берік емес кокстың пештегі шихтаның ең биік діңгегінің қысымы әсерінен бұзылу мүмкіндігін арттырады. **Газ құрамының өзгеруі.** Көрік газында азот, 34-42 % CO және 2-ден 8-15 %-ға дейін H_2 мөлшері болады; оның құрамы бірден тотықтыру аймағынан кейін тотықсыздану процестерінің қарқынды жүруі нәтижесінде бірден өзгеріске ұшырайды.

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

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 1 м^3 сағатына 120-200 м^3 немесе 1400-2000 $\text{ м}^3/\text{т}$ шойынға тең.

Домнада балқыту өнімдері

Домнада балқытудың соңғы өнімдері: шойын, қож және домна газы. Шойын - домна өндірісінің негізгі өнімі, ал қож бен домна газы қосымша өнім болып табылады.

Қолданбалы шойын домна өндірісі өнімінің басым түрі болып табылады. Оның үлесіне жалпы шойын өндірісінің 90% келеді. Қолданбалы шойында қолданыстағы стандарттарға сәйкес 0,3-1,2% Si, 0,15-1,0 (кейде 1,5%) Mn мөлшері болуы мүмкін және фосфор мөлшері бойынша үш класқа (0,1 көп емес; 0,2 және 0,3%), сондай-ақ күкірт мөлшері бойынша бес категорияға (0,01 көп емес; 0,02; 0,03; 0,04 және 0,05%) бөлінеді. Тапшы марганецті үнемдеу мақсатымен қазіргі кезде, айтылып кеткендей, 0,1-0,5 % марганец мөлшері бар аз марганец түстес шойын балқытылады.

Құйма шойын қолданбалы шойыннан кремнийдің көп мөлшерімен, кейбір маркаларда фосфордың көп мөлшерімен ерекшеленеді. Құйма шойынның алты маркасында (Л1-Л6) 1,2-1,6-дан 3,2-3,6 %-ға дейін Si және 0,3-тен 0,9-1,5 %-ға дейін Mn мөлшері болады; әр марканы күкірт мөлшері бойынша төрт категорияға ($\leq 0,02-0,05$ %) және фосфор мөлшері бойынша бес категорияға бөледі (сәйкесінше $<0,08$; $<0,12$; $< 0,3$; $0,3-0,7$ және $0,7-1,2$ %P).

Домна ферроқорытпаларына жататындар: ферромарганец (70-75% Mn және одан көп, 2% дейін Si, 0,33-0,45% P, 0,03% дейін S). Құйма, шойын балқыту цехтарында қайта балқытудан кейінгі шойын бұйымдарының құймасы үшін қолданылады

Бақылау сұрақтары:

1. Домна пешінде сұйық қождың пайда болуын анықтау.
2. Домнадағы қож түрлері туралы мәліметтер келтіру.
3. Қождың қасиетіне байланысты көрік қандай жағдайда суытылады.
4. Қождың қасиетіне байланысты көрік қандай жағдайда жылытылады?
5. Пеш жұмысының жағдайлары мен балқытылатын шойын түріне байланысты қож шығарылымының өзгеруі.
6. Қождың жоғары қозғалғыштыққа және күкіртсіздендіру қабілетке ие болуына себеп болатын амал.

Үй тапсырмасы:

1. Жоғары қыздырылған үрлеуді қолдану
2. Пештегі газ қысымын жоғарылату