

Металлургия және нанотехнологиялар кафедрасы

Пән: Metallургия өндірісінің технологиясы

Мамандық: 5B070900 «Metallургия»

5-слайд- дәріс (23сл)

Тақырып: Домна пешіндегі материалдар
мен сұйық балқыту өнімдерінің қозғалысы

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

Исин Д.Қ.

5-Дәріс жоспары

1. Шойынды шығару және жинау
2. Қожды шығару және жинау
3. Материалдардың төмен түсуі.
4. Ылғалды, ұшпалы заттарды шығару және элементтердің тотықсыздануы

Ағын өзек массаларының екі түрін пайдаланады. Олардың біреуі ылғалданған балшықтан және ұсақталған кокстан (40-70%) тұрады, кейде 17 %-ға дейін тас көмір пек қосылады. Екіншісі – сусыз ағын өзек массасы – оған отқа төзімді балшық, шамот ұнтағы, ұсақталған кокстан және тас көмір шайыры (19-29 %) кіреді.

Шойынды жинау. Ағын өзектен шығатын шойын құю албарының науалары бойымен шойынды болат балқыту цехтарына немесе домна цехының құю машиналарына тасымалдайтын, шойын тасығыштар шөміштеріне ағады. Алмұрт тәрізді ашық шөміші бар шойын тасығыштарды және миксер (жылжымалы миксерлер) шөміштерді қолданады.

2. Қожды шығару және жинау.

Төрт шойын ағын өзегі бар, көлемі 3200-5500 м³ домна пештерінен қождың барлығын шойынмен бірге шойын ағын өзектер арқылы шойын мен қожды бөлуге арналған құрылғымен (скиммермен) жабдықталған басты науаларға шығарады; скиммерден кейін қож басты науадан қайтаратын қож науа бойымен қайтарылады. Бір-екі шойын және екі қож ағын өзегі бар, көлемі 2700 м³ және одан кем домна пештерінен қожды қож ағын өзектері арқылы да (жоғарғы қож), шойын ағын өзектері арқылы да (төменгі қож) шығарады. Құю албарының қож науалары бойынша қож не науалардың ағызу мұрындықтарының астында орнатылатын қож тасығыштар шөміштеріне (қожды шөмішпен жинау тәсілі), не пеш жанында ұсақтау қондырғыларына (шөмішсіз жинау тәсілі) түседі.

Домна қожының көп бөлігін (~95 %) қайта өңдейді және құрылыста пайдаланады. Қожды шөмішпен жинау осы уақытқа дейін салынған домна пештерінің барлығында қолданылады. Бұл жинау тәсілінде пештен шығарылатын қож оны сұйық қожды қайта өңдеу қондырғыларына (ұсақтайтын және басқа) және аз мөлшерде қож үйінділеріне тасымалдайтын қож тасығыштар шөміштеріне қож науалары бойымен ағады. Қож тасығыш 2.58-суретте көрсетілген. Пештерден шөмішпен жинау кезінде қождың көп бөлігін өлшемі 1-10 мм түйіршіктер алып, дымқыл және жартылай құрғақ ұсақтау жолымен қайта өңдейді; ұсақталған қожды бетон, цемент және т. б. өндіру үшін шикізат ретінде пайдаланады. Жартылай құрғақ ұсақтауды аса перспективалы деп санайды, себебі ол ылғалдылығы едәуір аз және ұсақтауға суды аз жұмсап, ұсақталған қож алуға мүмкіндік береді.

5- слайд-лек. Пештегі материалдар мен сұйық балқыту өнімдерінің қозғалысы

Мойынға тиелетін шихта материалдарды түсіру пештің төменгі бөлігіндегі кеңістікті босатумен байланысты келесі негізгі процестер әсерінен жүреді: 1. Үрлеу оттегісімен және оның құрамындағы су буымен, сонымен қатар кокс көміртегісімен тотықсызданатын темір, кремний, марганец және басқа элементтер оксидтерінің оттегісімен кокс көміртегісінің тотығуы.

2. $C + CO_2 = 2CO$ газдандыру реакциясында көміртектің тотығуы. 3. Темірді көміртектендіру мен шойын қалыптастыруға кететін көміртек шығыны.

4. Темір руда материалдарының, флюс және кокс күлінің шойын мен қож түзе отырып балқуы, олардың көлемі түзілетін материалдар көлемінен 3,5 есе аз.

Қазіргі заманғы домна пештерінде материалдардың болу уақыты 4-6 сағатты, ал газдікі 3-12 секундты құрайды. Балқытудың жоғары көрсеткіштері газдың пеш қимасы бойынша жақсы таралуы кезінде алынады.

3. Материалдардың төмен түсуі. Мойынға тиелетін шихта материалдарды түсіру пештің төменгі бөлігіндегі кеңістікті босатумен байланысты келесі негізгі процестер әсерінен жүреді: 1. Үрлеу оттегісімен және оның құрамындағы су буымен, сонымен қатар кокс көміртегісімен тотықсызданатын темір, кремний, марганец және басқа элементтер оксидтерінің оттегісімен кокс көміртегісінің тотығуы.

2. $C + CO_2 = 2CO$ газдандыру реакциясында көміртектің тотығуы.

3. Темірді көміртектендіру мен шойын қалыптастыруға кететін көміртек шығыны.

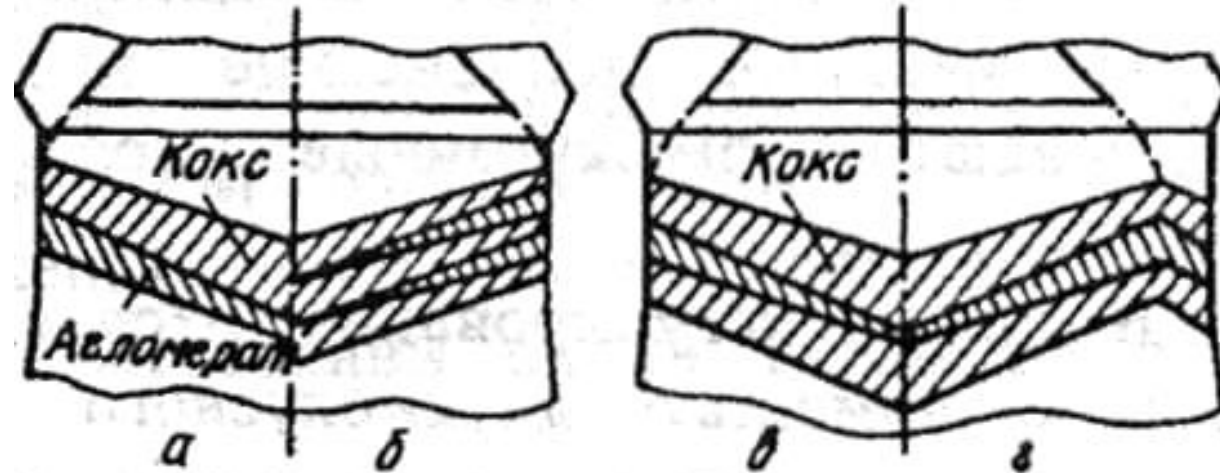
.

.

4. Темір руда материалдарының, флюс және кокс күлінің шойын мен қож түзе отырып балқуы, олардың көлемі түзілетін материалдар көлемінен 3,5 есе аз. Балқытудың жоғары көрсеткіштері газдың пеш қимасы бойынша жақсы таралуы кезінде алынады. Тиеу кезінде мыналар ескеріледі: үрлеу пешке қабырғалар бойымен келеді, тегіс қабырғаларда газдарға кедергі шихта көлеміне қарағанда аз, соған байланысты газдар қабырға жанында қозғалуға тырысады. Сондықтан қабырғадағы қабаттар газ өткізгіш агломератпен салыстырғанда қалың болу керек, ал ортасында кокс қабаттарымен салыстырғанда қалыңырақ болу керек, бұл газ ағынының ортаға қарай таралуына көмектеседі.

.

Материалдар пеш шеңбері бойынша біркелкі орналасуы тиіс. Агломерат пен кокстың мойын қимасы бойынша таралуын басқару үшін келесі тәсілдер орындалады: үлкен конуста агломерат пен кокс төңгершектер жиналуының өзгеруі, бөлек және бөлшектеп беруді пайдалану, беру массасын өзгерту, мойындағы толтыру деңгейін сатылап өзгерту, пешке беру кезінде үлкен конусты толық түсірмеу, мойын қабырғаларының бойына жылжымалы тақталар орнату.



үлкен (а) және кіші **(б)** беру кезінде; үлкен конус пен мойын қабырғасы арасындағы кіші (в) және үлкен (г) *саңылау кезінде*

3.2-сурет-Мойындағы материал таралымы

Осы тәсілдер көмегімен шихта таралуын реттеу кезінде сусымалы материалдар тәртібінің келесі әйгілі заңнамалары ескеріледі:

- тарақтың орналасуы үлкен конус пен мойын қабырғасы арасындағы саңылау шамасына байланысты; тарақ саңылау кішкентай болғанда қабырғаның жанында орналасады (3.2, в-сурет), саңылау үлкен болғанда қабырғадан алыстайды (3.2, г-сурет);

-қиябет бұрыштарының осындай түрлілігіне байланысты беру массасын азайту пеш ортасындағы агломерат қабаты қалыңдығының төмендеуіне әкеледі және ортада газ өткізгіштігі жоғары агломератсыз (3.2, б-сурет) аймақтың пайда болуына мүмкіндік береді;

-- үлкен конусты толық түсірмеу материал тарағының мойын қабырғасына қарай орын ауыстыруға және ұсақ-түйектің көп мөлшерде периферияға түсуіне мүмкіндік береді;

-беруді үлкен конустан толтыру кезінде оның төменгі бөлігі тарақты қалыптастыра отырып, қабырға жанына орналасады, тарақтан ортаға берудің соңғы бөлігі түседі, яғни пеш ортасына көбінесе үлкен конусқа соңғы тиелген беру төңгершектерінің материалы түседі. Агломератты сәйкес беру кезінде центрге кокс көп түседі, ал кері беру кезінде агломерат көп түседі. Газда CO_2 көп болуы және төмен температура пештегі химиялық және жылу ауысым процестерінің толықтығын көрсетеді. Пеш қарқынды және үнемді жұмыс істеу үшін периферия мен пеш осіндегі CO_2 мөлшері төмен болу керек, пеш қабырғасынан 1-2 м қашықтықта жоғары болу керек. Барлық пештерде мойындағы толтыру деңгейі (материалдың үсті) бақыланады; екі зонд – пеш күмбезінің саңылауы арқылы өткізілген вертикаль жылжымалы штангалар көмегімен бақылау қабылданған.

4. Ылғалды, ұшпалы заттарды шығару және элементтердің тотықсыздануы

Шихтаны қыздыру. Температура кокс жану аймағында 2000 °С-қа дейін жетеді, CO, CO₂ газ тәрізді жану өнімдері, ауа азоты жоғары температураға дейін қызады да, жоғары көтеріледі. Газ жылуы қатты материалдарға беріледі. Домна пеші мойнында температура ең төмен болады. Мұнда көтерілетін газ өз жылуының көп бөлігін беріп үлгерген және 200-400 °С температураға ие. Температура шахтаның төменгі жағында 1000-1150°С-қа дейін, пеш қазан аймағында 1200°С-қа дейін, көрікте 1400-1600°С-қа дейін және көріктің жоғарғы жағында 2000 °С-қа дейін көтеріледі.

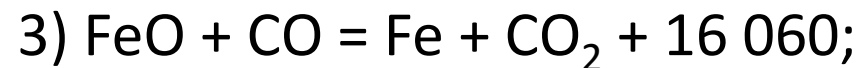
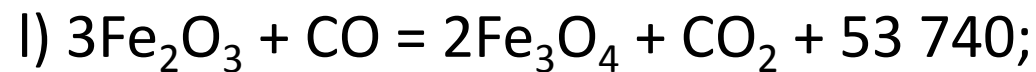
Ылғал мен ұшпалы заттарды шығару.. Барлық шихта материалдарының ішінен кокс мойынды көрікке дейін

түсіргенде, физикалық және химиялық өзгеріске аз ұшырайды. Пешке тиелген кокс кесектері бірінші ретте ылғалды жоғалтады. Бұл процесс коксты 110°C-қа дейін қыздырғанда болады. Кокс 300-400 °C-қа дейін қызғаннан кейін, одан органикалық тумалы ұшпалы зат қалдықтары бөлінеді: CH_4 , H_2 , CO , CO_2 . Кокс ұшпалылары мен су буы мойын газымен араласады және бұл газ олардың құрамын өзгертеді. Кокс пеш қазан аймағында болғанда, оның құрамында тек көміртегі, күл, күкірт және фосфор қалады. Шихтамен домна пешіне түсетін элементтерді, оларды домнада балқыту жағдайында түрленуіне байланысты толық тотықсызданғыштар (Fe, Ni, Co, P, Cu, Zn және т. б.); бөлшекті тотықсызданғыштар (Si, , Mn, Cr, V, Ti және т. б.); тотықсыздануға шыдамағандар (Ca, Mg, Al, Ba және т. б.) деп бөлуге болады.

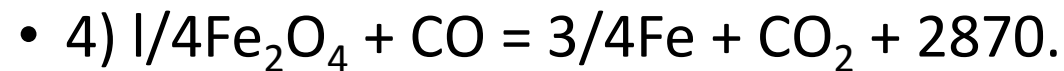
Оксидтен оттегіні алып тастау және одан оттегісі аз элементті немесе оксидті алу процесін тотықсыздану деп атайды. Бұл жағдайда оттегі тотығатын затқа өтеді.

Мұндай зат тотықсызданғыш деп аталады. Тотықсыздану процесінде бір зат тотықсызданады (оттегі жоғалады), басқасы тотығады (оттегі алады). Екі процесс $MeO + B = Me + BO$ теңдеуі бойынша параллель жүреді, мұнда B – тотықсызданғыш, MeO – оксид, Me – тотықсызданған металл, BO – тотықсыздану оксиді. Оксид металына қарағанда, оттегіге ұқсастығы көп элемент немесе зат тотықсызданғыш бола алады, мысалы, темірге қатысты көміртегі немесе кремний. Элемент оттегіге көп ұқсаған сайын, ол да соншалықты күшті тотықсызданғыш болып табылады. Домна пешінде тотықсызданғыш ретінде кокс, CO көміртегі оксиді мен сутегі қызмет етеді..

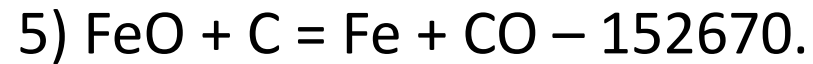
Темір оксидінің тотықсыздануымен байланысты негізгі процестерді қарастырайық Академик А. А. Байковтың теориясы бойынша, оксидтердің тотықсыздануы сатылы түрде өтеді: жоғарыдан төменге қарай. $>570^{\circ}\text{C}$ температурада тотықсыздану келесі кезеңдерден өтеді: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$; $<570^{\circ}\text{C}$ температурада: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}$. Қатты көміртегімен тотықсыздану тікелей, ал газбен тотықсыздану кері (жанама) деп аталады. Көміртегі оксидімен жанама тотықсыздану реакциялары мынадай: $>570^{\circ}\text{C}$ температура кезінде



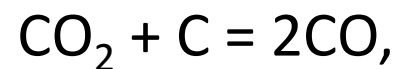
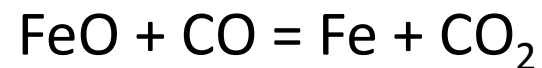
$< 570^{\circ}\text{C}$ температура кезінде



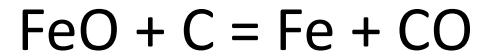
Олардың сипатты ерекшеліктері мынадай: реакция өнімі әрқашан CO болуы және олардың жылу шығынысыз өтуі болып табылады. Көміртегімен тікелей тотықсыздану реакциясы CO түзілуімен жүреді және жылу шығынының көп мөлшерін қажет етеді, мысалы:



Тікелей тотықсыздану реакциясына келтірілген мысал реакцияның жүру механизмін көрсетпейтінін атап өту қажет. Мәселе мынада, көміртегінің қатты оксидтермен тікелей өзара әрекеттесуі шектеулі, өйткені тегіс емес кесектер арасындағы байланыс беті өте шағын. Сондықтан тікелей тотықсыздану газ фазасы арқылы жүреді және екі кезеңнен тұрады:



бұл қосындыдан кейін тікелей тотықсызданудың қорытынды реакциясын береді



Тікелей тотықсызданудың жанама тотықсызданудан айырмашылығы мынада: тікелей тотықсыздану реакциялары дамыған сайын үрлеуішке жететін көміртегі мөлшері азаяды. Пештің бүкіл көлемінде мойын басынан 900-1000 °С температуралы аймақтарға дейін CO газымен және сутегімен *жанама* тотықсыздану процестері өтеді. Сонымен қатар FeO-ның бөлігі жоғары температуралы аймақта (> 900-1000 °С) темірге дейін тікелей тотықсызданады. 1100-1250°С жоғары температуралы аймақтарда қож түзілген уақытта темір сұйық қождан оның тамшыларының кокс кесектерінің арасымен төмен ағуы кезінде тікелей жолмен тотықсызданады.

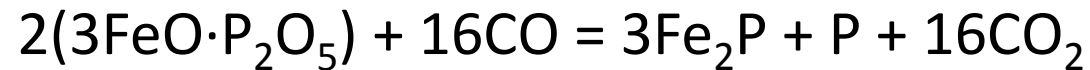
Тотықсыздану кезінде темір қатты түрде алынады; материалдан тотықсызданған темір бөлшектері губка пішінінде болады.

Құйма шойын мен ферросилицияны қорыту. Кейде домна пештерінде құрамында 1,2-3,75 % кремний бар құймалы шойын қорытылады. Пешті қолданбалы шойын қорытуын құйма шойын қорытылуына өзгерту әдеттегі шойынмен салыстырғанда кокс шығынын 10-20%-ға арттыруға әкеледі. Бұдан кейін кокстың үлкейген бөліктері жоғарыдан жылжу кезінде үрлеуішке жеткенде, көріктегі температура жоғарылайды, шихтадан кремний тотықсыздану деңгейінің 10-25 % жоғарылауын (қолданбалы шойынды қорыту кезіндегі 2-8 % орнына) тудырады. Бұл ретте шығарылатын шойын кремнийдің жоғары мөлшерін иеленеді.

Фосфордың тотықсыздануы. Фосфор домна пешке агломератпен немесе темір рудасымен $3\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5$ және кейде $3\text{FeO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ фосфат түрінде түседі. $3\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5$ фосфаты $1000\text{-}1200\text{ }^\circ\text{C}$ температура кезінде және көп жылу шығынымен қарқынды тотықсызданады:



Оның бір бөлігі қождан тотықсызданады. Темір фосфатының беріктігі аз және $900\text{-}1000\text{ }^\circ\text{C}$ температурада CO газымен, жартылай көміртегімен тотықсызданады, мысалы:



Осы реакциялар кезінде түзілетін фосфор және фосфид Fe_2P темірде белсенді ериді және шихтаның барлық фосфоры шойынға өтеді. Осылайша, фосфор бойынша таза руда материалдарын қолдану

фосфордың аз мөлшерімен шойын алудың жалғыз тәсілі болып табылады. Қолданбалы шойын 0,15- 0,30%-дан аз фосфордан тұрады; кейде жоғары фосфорлы темір рудасы қолданылады, құрамында 1,0- 2,0 % фосфор бар шойын алынады. **Басқа элементтердің тотықсыздануы.** Домна шихта құрамына кіретін элементтердің тотықсыздану мүмкіндігі олардың оксидтерінің беріктігін, яғни оттегімен химиялық ұқсастық шамасын сипаттайтын термодинамикалық көрсеткіштер негізінде көрінеді. Домна шихта элементтері оттегіге ұқсас өсуіне қарай келесі ретпен орналасады: Cu, As, Ni, Fe, P, Zn, Mn, V, Cr, Si, Ti, Al, Mg, Ca. Сәйкесінше, берілген қатарда элемент оң жақта орналасқан сайын оның тотықсыздану деңгейі төмен болады.

Никель, мыс, мырыш, темір мен фосфор сияқты элементтер пеште толық тотықсызданады және шойынға өтеді. Ванадий мен хром марганецке ұқсас 70-80 және 80-90 %, ал титан – кремнийге ұқсас тотықсызданады. Титан тотықсыздануының деңгейі кремнийге қарағанда төмен. Алюминий, магний және кальцийді домна пеште тотықсызданбайды. Мырыш туралы айта кеткен жөн. Мырыш кейбір темір рудасында болады, сонымен қатар домна пешіне қосылатын шихтаға құрамында темір бар қалдықтар – конвертерлі шлам, мойын шаңы және т. б. құрамында енеді. Негізгі ZnO түрінде пешке ене отырып, ол $>950^{\circ}\text{C}$ температурада жеңіл тотықсызданады: $\text{ZnO} + \text{C} = \text{Zn} + \text{CO}$ және булана отырып, газбен жоғары көтеріледі. Шекті температуралы аймақтарда Zn қайтадан ZnO-ға дейін қышқылданады,

CO₂ және темір оксидтерімен әрекеттеседі. ZnO бөлігі (10-30%) домна пештен газбен әкетіледі; көміртек қоспасындағы күйенің бір бөлігі үлкен қақ қалыптастыра отырып, пеш қабырғаларында тұнады; тағы бір бөлігі шеген тігістері мен кеуектерінде тұнады, бұл оның көлемінің үлкеюін және пеш қаптамасының жыртылуын тудырады; тағы бір бөлігі шихта кесектерінде тұнады және төмен түседі, онда қайта тотықсызданады, бұл зиянды шөгінділердің көп болып жиналуына әкеледі.

Әртүрлі шойын қорыту кезіндегі балқытудың технологиялық режимдерінің ерекшеліктері

Домна пештерде шойынның екі түрін қорытады – қолданбалы (мартен, бессемер, томас) және құймалы, сонымен қатар домна ферробалқытпалар (ферромарганец, ферросилиций және т. б.). Домна

пеште қорытылатын шойынның көп мөлшері (~85%) қолданбалы шойын үлесіне тиесілі. Химиялық құрамы бойынша әр түрлі шойынды қорыту қорытудың әр түрлі технологиялық режимдері кезінде мүмкін. Құрамында күкірт аз шойынды алу үшін қож негізділігі күкіртті кокста жұмыс істеу кезінде 1,05-1,20 деңгейде, ал аз күкіртті кокста жұмыс істеу кезінде 0,95-1,10 деңгейде болады.

3.4 Темірді көміртектендіру және шойынның түзілуі

Пештің бүкіл көлемінде тотықсызданатын темір қатты күйде алынады, өйткені оның балқу температурасы (1535°C) домна пештегі температурадан жоғары; шихтаның қатты кесектерінен тотықсызданған темір қатты губка түрінде алынады. Көміртегі мен СО шектен тыс көп болғанда, губка темір көміртегіні ерітеді (көміртектенеді). Бұл процесс 400-600 °C

температурада дами бастайды және катализатор болып табылатын губка темір бетінде CO ыдырайды ($2CO = C_{\text{күйе}} + CO_2$), күйе көміртегін бөле отырып, $Fe + C = [C]_{Fe}$ ерітіндісін немесе Fe_3C : $Fe + 3C = Fe_3C$ карбид түзе отырып, темірге өтеді. Көміртектендіру шамасына байланысты темірді балқыту температурасы төмендейді (құрамында 4,3% C бар темірді балқыту температурасы $1130^{\circ}C$ тең), ал өзі температурасы жоғары аймаққа түседі. Темірді көміртектендіру температурасы пеш температурасымен тең болған сәтте темір балқиды (2-2,5 % көміртегі мөлшерінде және $1200^{\circ}C$ жуық температурада), сұйық металл тамшылары пайда болады, олар көрікке кокс кесектері арасымен ағады. Сұйық күйде темір қарқынды көміртектенеді – тамшылардың қыздырылған кокспен байланысы кезінде және балқыманың көрікте кокспен

байланысуы кезінде, металда кокс көміртегісінің еруі жүреді;



Металдың жылжымалы тамшыларына және бөлшекті түрде әлі де қатты темірге аз мөлшерде пештің түрлі бөлігінде басқа элементтердің (кремний, марганец, фосфор және кей жағдайларда ванадий, мырыш, хром, никель, мыс), сонымен қатар күкірттің тотықсыздануы жүреді. Көміртегімен және басқа элементтермен темірдің бұл балқытпасы (шойын) көрікте жиналады.

Осылайша, шойынның қатты тотықсызданған темірден қалыптасуы оның көміртектенуіне, балқуына және оның құрамындағы элементтердің (әдетте бұл марганец, кремний, фосфор және күкірт) еруіне байланысты.

Шойын температурасының жоғарылауы оның құрамындағы көміртегінің көп болуын тудырады.

Бақылау сұрақтары:

1. Мойынға тиелетін шихта материалдарды түсіру факторларына түсінік беру.
2. Қазіргі заманғы домна пештерінде материалдардың болу уақыты құрайды.
3. Домна кеңістігіндегі газдың таралуын сипаттау.
4. Домна пешінің төменгі бөліктеріндегі температура мөлшерінің өзгеруі.
5. Домна пешінде тотықсызданғыш ретінде болатын реагенттерді анықтау.

Үй тапсырмасы:

1. Электр пушкасының конструкциясы
2. Қождыдымқыл және жартылай құрғақ ұсақтау