

**ҚАРА МЕТАЛДАР
ӨНДІРІСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ**
(ЗЕРТХАНАЛЫҚ ПРАКТИКУМ)



 **TORAIGHYROV
UNIVERSITY**

ПАВЛОДАР

Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі

Торайғыров университеті

А. Қ. Жүнісов, А. Қ. Жүнісова, Ж. Шошай,
А. Е. Кенжебекова, Н. Қ. Құлумбаев

ҚАРА МЕТАЛДАР ӨНДІРІСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ (ЗЕРТХАНАЛЫҚ ПРАКТИКУМ)

Жоғары оқу орындарының металлургия мамандықтарының
студенттері мен магистранттарына арналған оқу құралы

Павлодар
Toraighyrov University
2022

ӘОЖ 669.01(075.8)

КБЖ 34.32я73

Қ41

Торайғыров университетінің ғылыми кеңесі баспаға ұсынды.

Рецензенттер:

Ж. С. Оналбаева – PhD докторы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті;

Е. Ж. Шабанов – PhD докторы, Ж. Әбішева атындағы химия-металлургия институты;

Л. Б. Толымбекова – PhD докторы, қауымдастырылған профессор.

Жүнісов А. Қ.

Қ41 Қара металдар өндірісінің технологиясы (Зертханалық практикум) : жоғары оқу орындарының металлургиялық мамандықтарына арналған оқу құралы / А. Қ. Жүнісов, А. Қ. Жүнісова, Ж. Шошай, А. Е. Кенжебекова, Н. Қ. Құлумбаев. – Павлодар : Toraighyrov University, 2022. – 108 б.

ISBN 978-601-345-302-6

Оқу құралында зертханалық жұмыстарды жүргізу әдістемесі келтірілген. Зертханалық жұмыстарды орындау жиынтығына кенді материалдарды металлургиялық қайта балқытуға (ұсақтау, ұнтақтау, кесектеу, агломерация) дайындау, сондай-ақ индукциялық пеште қара металдарды балқыту бағыттары кіреді.

Оқу құралы студенттерге ұсынылады және жоғары оқу орындарының металлургиялық мамандықтарының магистранттарына пайдалы болуы мүмкін.

ӘОЖ 669.01

КБЖ 34.32я73

ISBN 978-601-345-302-6

© Жунусов А. К. және т. б., 2022

© Toraighyrov University, 2022

Материалдың дұрыс болуына, грамматикалық және орфографиялық қателерге авторлар мен құрастырушылар жауапты

Кіріспе

«Кен дайындау және байыту», «қара металдар өндірісінің технологиясы», «Ферроқорытпалар электрометаллургиясы», «Болат электрометаллургиясы» оқу курсының бағдарламасына сәйкес құрастырылған және 6B07205 «Металлургия» мамандығының студенттеріне зертханалық жұмыстарды жүргізуге арналған оқу құралы.

Оқу құралының негізгі мақсаты – студенттерді кендер мен жыныстардың физикалық сипаттамаларын анықтаудың негізгі әдістерін игеруге, оларды кенді балқытуға дайындауда пайдалануға, атап айтқанда ұсақтау, ұнтақтау, байыту, кесектеу, агломерациялауға және металдарды балқытуға үйрету. Оқу құралының негізгі мазмұны бірнеше модульге бөлінген:

1) кен шикізатының физикалық қасиеттері, олардың кенді тұтынушыға жеткізуде әсерін тигізеді, яғни ыдыстарға жүктеуге, бункерлерден түсіруге және басқада кен дайындау бөлімшелерінің көрсеткіштеріне әсер етеді;

2) пайдалы қазбаларды бос жыныстардан бөлуден тұратын минералды бөлу, яғни байытуға дейінгі дайындық жұмыстары;

3) кен және кен емес материалдардың физикалық, минералогиялық және физика-химиялық қасиеттерінің айырмашылықтарына негізделген кендерді байыту әдістері;

4) байланыстырғыш материалдарды пайдалана отырып түйіршіктеу әдісіне негізделген ұсақ кендер мен елемдерді (кен елемі) кесектеу;

5) кесектеу термиялық тәсілдеріне негізделген ұсақ кендер мен елемдерді кесектеу;

6) қара металдарды индукциялық пеште әртүрлі қалдықтар мен металл сынықтарын пайдалана отырып балқыту.

Әр модульде мазмұны жағынан жақын бірқатар жұмыстар бар. Әрбір модуль бойынша жұмыс көлемі оқу жоспарында көзделген зертханалық сабақтар сағаттарының санына пропорционалды. Оқу құралын құрастыру кезінде барлық жұмыстар 5-10 студенттен тұратын топтарда орындалады деп қарастырылған. Бірінші зертханалық сабақта оқытушы студенттерді зертханалық практикумның міндеттерімен, есептерге қойылатын талаптармен, зертхананың ішкі тәртіп ережелерімен таныстырады.

Кіріспе нұсқаулықтан кейін оқытушының қатысуымен оқу шебері студенттерді қауіпсіздік ережелерімен таныстырады және арнайы

журналда қауіпсіздік ережелерімен танысқаны және өткені туралы жазбамен белгіленеді.

Қауіпсіздік техникасы ережелерін меңгермеген студенттер жұмыстарды орындауға рұқсат берілмейді. Жұмысты бастай отырып, студент оның сипаттамасын оқып, ұсынылған әдебиеттерімен танысып, жұмыстың мақсатын, негізгі процестердің технологиялық параметрлерін, сызбаларды, қондырғылар мен құрылғыларды көрсете отырып, қысқаша конспект жасауы керек.

Әр зертханалық сабақтың басында студенттер алдыңғы орындалған жұмыс туралы есепті қорғап, жаңа жұмысты орындауға рұқсат алуы керек.

Есеп мыналарды қамтуы қажет:

- бастапқы шикізаттың сипаттамасы;
- жұмыс барысының сипаттамасы;
- сынақ әдістемесінің сипаттамасы;
- қондырғылардың, аспаптардың схемалары;
- сынақ нәтижелері;
- кестелер, диаграммалар және суреттер;
- қорытынды.

1 Кен дайындау және байыту бойынша зертханалық жұмыстар

1.1 Шикізаттың жорамал тығыздығын анықтау. Зертханалық жұмыс № 1

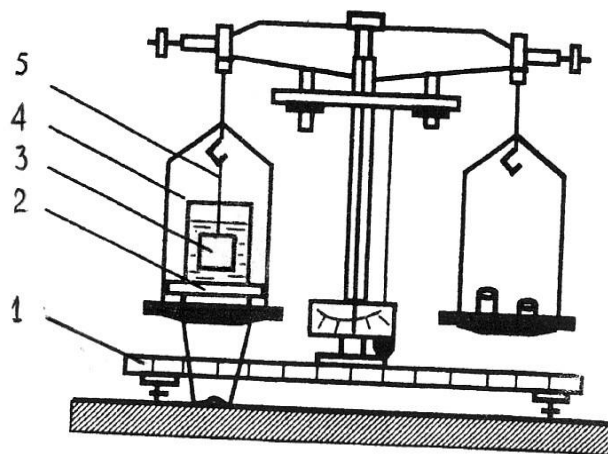
Жорамал тығыздықты анықтау әдісі қатты зат массасының оның алатын көлеміне, сонымен қатар оның ішіндегі кеуек көлеміне қатынасын анықтауға негізделген.

1.1.1 Жұмыс мақсаты: тығыздықты (көлемдік массаны) анықтау.

Сынақтарды жүргізу үшін қолданылады:

- ВЛТЭ-2200 зертханалық таразы;
- кір тасы бар күйентелі зертханалық таразылар;
- тесілген перформацияланған металдан немесе сымнан жасалған диаметрі 45–50 мм және биіктігі 110–120 мм цилиндр пішінді себет;
- диаметрі 75–80 мм және биіктігі 170–180 мм гидростатикалық өлшеуге арналған цилиндр пішінді полиэтилен ыдысы.
- тұғыр, балға, қалақша, пинцет, термометр 0–80 °С.
- тазартылған су, парафин, металл стақан, қуаты 200–500 Вт электр плитасы.

Сынақтарға дайындық. Себетке салу үшін жеткілікті мөлшерде ірілігі 10–30 мм шикізат (кен, агломерат, шекемтастар, флюстер) сынамасы 1.1-суретте көрсетілгендей алынады.



1 – таразы; 2 – тұғыр; 3 – сынама салынған себет; 4 – су құйылған ыдыс; 5 – себеттің ілмесі

1.1-сурет – Қондырғы схемасы

Сынауға арналған сынама кептірілген болуы тиіс (№ 3 зертханалық жұмысты қараңыз.) және эксикатордан алынды.

Ыдысты гидростатикалық өлшеу үшін тазартылған сумен себетті толығымен батыруға жеткілікті деңгейге дейін толтырыңыз, судың температурасы 20–25 °С болуы керек.

1.1.2 Сынақты жүргізу. Тығыз, суда ыдырамайтын кендердің, шекемтастардың, флюстардың көрінетін тығыздығын анықтау. Өлшенген сынама өлшендісі себетке салынады. Өлшенген сынама өлшендісі бар себетті су құйылған ыдысқа толық батырылғанға дейін түсіреді және суда 5 минут ұстайды, сынама өлшендісінің бетінен ауа көпіршіктерін шығару үшін периодты түрде қозғалтып отыру қажет.

Судағы сынама өлшендісі бар себетті судан шығарғаннан кейін екі минуттан кейін өлшейді. Кокстың қалқып шығуын көру үшін оны суда өлшеген кезде перфорацияланған тақтайшамен қыздырады. Бұл жағдайда себет плитамен бірге ауада және суда өлшенеді.

1.1.3 Ірі кеуекті және суда ыдырайтын агломераттардың жорамал тығыздығын анықтау. Кеннің өлшендісі ауада өлшенеді, содан кейін парафинді жағу арқылы қаптайды, әр бөлікті 60–65 °С температурада ерітілген парафинге 1–2 секундқа батырады. Парафин қабықшамен жабылған өлшенді себетке салынып, өлшенеді. Өлшенді салынған себетті су құйылған ыдысқа салып, 10–20 секундтан кейін суда өлшейді. Себетті судан 3–5 секундтан кейін алып, қайтадан ауада өлшейді.

Парафинмен қапталған өлшенді массасын ауада, суда және судан шығарғаннан кейін есептейді.

Нәтижелерді 1.1-кестеде келтірілген журналға жазады.

1.1.4 Нәтижелерді өңдеу. Тығыз, суда ыдырамайтын кендер мен шекемтастардың жорамал ρ_c , г/см³ тығыздығы келесі формула бойынша есептеледі:

$$\rho = (m / (m_2 - m_1)) \cdot \rho_c \quad (1.1)$$

мұндағы m – өлшендінің ауада өлшеу кезіндегі салмағы, г;

m_1 – суда өлшеу кезінде өлшендінің салмағы, г;

m_2 – ылғалды өлшендінің оны ауада өлшеген кездегі салмағы, г;

ρ_c – судың тығыздығы 1 г/см³ тең.

Агломераттардың, ірі кеуекті және суда ыдырайтын кендердің жорамал ρ_k , г/см³ тығыздығы мына формула бойынша есептеледі:

$$\rho_k = m / ((m_3 - m_2 / \rho_B) - (m_1 - m / \rho_n)) \quad (1.2)$$

мұндағы m – өлшендінің ауада өлшеу кезіндегі салмағы, г;

m_1 – ауада өлшеу кезінде парафинделген өлшендінің салмағы, г;

m_2 – суда өлшеу кезінде парафинделген өлшендінің массасы (жорамал), г;

m_3 – ауада өлшеу кезінде судан алынған парафинделген өлшендінің салмағы, г;

ρ_B – судың тығыздығы, 1 г/см³.

ρ_n – парафиннің тығыздығы, 0,9 г/см³.

1.1-кесте – Агломераттың тығыздығын анықтау журналы

Материалдың атауы, күні				
Массасы, грамм				Тығыздығы, ρ г/см ³
Ауадағы өлшенді m	Ауада парафинделген өлшендінің m_1	Парафиннің жорамал массасы. судағы өлшендінің m_2	Парафин. ауада өлшеу кезіндегі судан алынған өлшенді m_3	

Есептеулер 0,01 г/см³ көп емес қателікпен жүргізіледі. Егер олардың арасындағы алшақтық 0,08 г/см³-тен аспаса, талдаудың түпкілікті нәтижесі үшін екі параллель мәндердің нәтижелерінің орташа арифметикалық мәні алынады. Артық шыққан кезде үшінші анықтау жасалады және талдаудың соңғы нәтижесі үшін ең жақын екі мәнің арифметикалық орташасы алынады.

1.1.5 Қауіпсіздік шаралары. Балқытылған парафинмен жұмыс істеу кезінде күйіп қалудан сақ болу керек.

Бақылау сұрақтары

1. Парафиннің көлемін қалай анықтауға болады?
2. Парафиннің массасын қалай анықтауға болады?

1.2 Сусымалы материалдың үйінді тығыздығын анықтау. зертханалық жұмыс № 2

1.2.1 Жұмыстың мақсаты: шикізаттың физикалық қасиеттерінің үйінді тығыздығына әсерін зерттеу.

1.2.2 Жалпы мәліметтер. Сусымалы орта деп көлемі сусымалы ортаның көлемімен салыстырғанда өте аз болатын қатты бөлшектердің жиынтығымен түсіндіріледі. Сусымалы денелер мысалы құм, астық, ұнтақталған отын.

Сусымалы орта физикалық қасиеттері бойынша қатты дене мен сұйықтық арасындағы аралық орынды алады. Сонымен, қатты денеден сусымалы орта бөлшектердің белгілі бір қозғалыста болуымен, пішінін белгілі бір шектерде сақтау қабілетімен, шектеулі бетке қысым жасау қасиетімен, созу кедергісінің болмауымен және ығыстыру кедергісінің шектеулі болуымен ерекшеленеді.

Өз кезегінде, сұйықтық сусымалы ортадан жоғары қозғалыста болуымен, тұрақты форманың болмауымен және ығысу кедергісінің аздығымен ерекшеленеді. Осылайша, сусымалы орта қатты денеден ілінісу (жабысу) күштерінің болмауымен, ал сұйықтықтан - ішкі үйкеліс күштерінің болуымен ерекшеленетінін атап өтуге болады.

Сусымалы орта бөлшектерінің пішіні әртүрлі болуы мүмкін. Бірақ, бұл жағдайда бөлшектердің мөлшері олардың ең үлкен мөлшерімен сипатталады - ұзындығы мм-де көрсетілген.

Сусымалы ортаның тйіршікті немесе гранулометриялық құрамы сынаманың жалпы массасынан пайызбен көрсетілген ондағы әртүрлі ірі бөлшектердің салыстырмалы құрамын білдіреді. Түйіршіктердің құрамы електер қатары арқылы жүйелі елеу жолымен анықталады.

Құрамның біркелкілік дәрежесі бойынша ең үлкен бөлшектердің ($d_{\max}$) өлшемдерінің ең кіші ($d_{\min}$) әр түрлі қатынастарымен сипатталатын қарапайым және сұрыпталған орталар болып бөлінеді.

Белгілі бір өлшемдегі, ылғалдылығы бар түйіршіктерден, кесектерден тұратын кез келген сусымалы материал, айқын табиғи еңісі анықталған және тұрақты бұрышқа ие.

Табиғи еңіс (көлбеулік) бұрышы – бұл кез-келген бетке ақырын түсіру кезінде осы материалдың үйіндісін құрайтын бұрыш. Бұл сусымалы материал орналасқан беттің түріне байланысты емес. Құрғақ құмның табиғи еңісінің бұрышы 30–40°, Кокс–43°.

Аралықтар - бос орта құрайтын бөлшектер немесе түйіршіктер арасындағы бос орындар ауамен, сумен толтырылуы мүмкін. Бірлік ретінде қабылданған сусымалы ортаның жалпы көлемінің үлесінде көрсетілген қуыстардың көлемін кеуектілік ε , б.бөл. деп аталады:

$$\varepsilon = V_{\pi}/V_0 \quad (1.3)$$

Сусымалы материалдардың кеуектілігі олардың гранулометриялық құрамына, яғни әртүрлі мөлшердегі бөлшектердің

салыстырмалы құрамына, бөлшектердің орналасу формасына және қысымға байланысты.

Белгілі бір жағдайларда еркін себілген сусымалы материалдардың тығыздығы себілу (үйінді) ρ_n , кг/ м³ тығыздығы деп аталады және материал массасының оның көлеміне қатынасы бойынша анықталады:

$$\rho_n = m / V \quad (1.4)$$

Үйінді (себу) тығыздық (кей кезде үйінді (себу) массасы деп аталады) материалдың шынайы тығыздығына (яғни ішкі кеуектерін ескермегенде) және кеуектілікке байланысты:

$$\rho_n = \rho_n (1 - \varepsilon) \quad (1.5)$$

Демек, сусымалы тығыздық материалды ыдысқа себу әдісіне байланысты: яғни кеуектілік мөлшеріне байланысты: материал тостаған (құйғы) арқылы жүктелген кезде борпылдақ қабаттың минималды үйінді (себу) тығыздығы пайда болады, содан кейін диаметрі 100 мм ыдыстан артық мөлшерді ақырын (абайлап) алып тастайды; дірілді әдісімен қабатты тығыздағаннан кейін ρ_n максималды мәні алынады.

1.2.3 Жабдықтар, құралдар және материалдар. Зертханалық қондырғының сипаттамасы. Тостаған (құйғы) 1 астына өлшеу ыдысын 2, құйғыштың шығу тесігі көлемі бір литрге диаметрде 100 мм тең болатын өлшеу ыдысының ортасына сәйкес келетіндей етіп 1.2-суреттегідей қойылады.

Материал жабық ысырмамен құйғыға себеді (салады), содан кейін ысырма ашылып, өлшеуіш ыдыс толтырылады. Ыдыс артық толтырылған кезде, жапқышпен жабылады, ал артық материал сызғышпен ыдыстың шеттерімен сызғышты көлбеу күйде ұстап, оны ыдыстың шеттеріне қысып қырып алынады. Бұл жағдайда материалдардың тығыздалуына ықпал ететін соққыларды болдырмау керек.

Материал салынған ыдысты өлшейді және себу (үйінді) тығыздығын формула бойынша анықтайды:

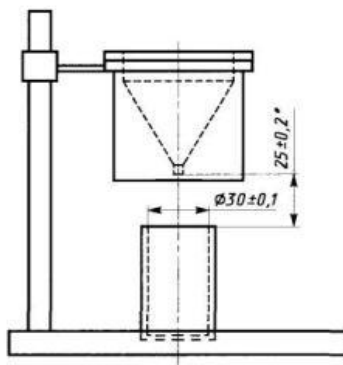
$$\rho_n = m_n / v = (m_6 - m_T) / v \quad (1.6)$$

мұндағы, m_n – материалдың массасы (нетто массасы), г;

m_6 – материалдың ыдысымен бірге массасы (брутто массасы), г;

m_T – ыдыстың массасы , г;

V – ыдыстың көлемі, см³.



1.2-сурет – Сусымалы материалдың себу (үйінді) тығыздығын анықтауға арналған қондырғы

1.2.4 Жұмысты орындау тәртібі. Жұмыстың мақсаты сусымалы материалдың гранулометриялық құрамының үйінді (себу) тығыздыққа әсерін зерттеу болып табылады.

а) оқытушының нұсқауы бойынша сұрыпталған сусымалы материалды (фракциялар 0,1–0,2; 0,2–1,0; 1,0–1,6 немесе басқасын) алу;

б) Фракцияның орташа мөлшерін анықтау:

$$d_{cp} = (d_{max} + d_{min}) / 2 \quad (1.7)$$

в) әр фракцияның үйінді (себу) тығыздығын анықтау

г) үйінді (себу) тығыздықтың сусымалы материал фракцияларының орташа диаметріне графикалық тәуелділігін құру және қорытынды жасау.

Бақылау сұрақтары

1. Кеуектіліктің сусымалы материалдың тығыздығына әсері.
2. Сусымалы ортаның физикалық қасиеттері.
3. Үйінді (себу) тығыздығына кеуектіліктің әсері.
4. Гранулометриялық құрамды анықтау әдісі.
5. Дененің ақиқат тығыздығын анықтау.

1.3 Сусымалы материалдардың табиғи еңісінің (көлбеулігінің) бұрышын анықтау. Зертханалық жұмыс № 3

1.3.1. Жұмыстың мақсаты: Шикізаттың физикалық қасиеттерінің олардың табиғи еңісінің (көлбеу) бұрышына әсерін зерттеу.

1.3.2 Жалпы мәліметтер. Сусымалы денелердің маңызды физика

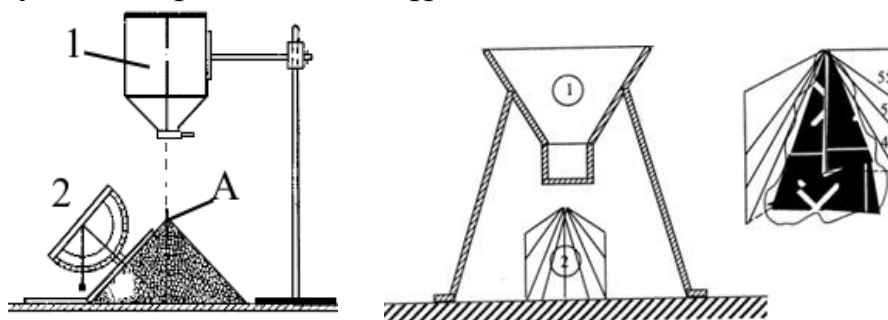
механикалық қасиеттерінің бірі ол ішкі үйкеліс немесе тұтқырлық болып табылады. Бұл бөлшектердің қозғалысы кезінде жылдамдық градиентінің олардың арасындағы үйкеліске байланысты.

Сусымалы денелердің ішкі үйкеліс коэффициенті табиғи еңіс (көлбеу) бұрышының тангенсіне тең және сусымалы материалдардың ағу жылдамдығын анықтауға байланысты.

1.3.4 Зертханалық жұмыстың сипаттамасы. Табиғи еңіс (көлбеулік) бұрышын анықтау әдістемесі. Құйғы 1-астына 1.3-суретте көрсетілген бұрыш өлшегішті 3 құйғы шығыс саңылауы бұрыш өлшегіштің ортасына сәйкес келетіндей етіп қояды, оның жақтарында негізге градирлеу бұрыштарында орналасқан сызықтар салынады.

Материал жапқышы бар құйғыға салынады, содан кейін жапқышты ашып, бұрыш өлшегішке себіледі. Бұрыш өлшегіш «А» нүктесіне дейін толғанда, жапқыш тез жабылады, ал осы кезде соққылардан болдырмау керек.

Егер салынған (себілген) материалдың жоғарғы жағы «А» - нүктесінен төмен немесе жоғары болса, онда табиғи еңіс (көлбеу) бұрышы қатемен анықталады, өйткені бұрыш өлшегішті градуирлеу «А» - нүктесінен жүргізіледі.



1.3-сурет – Табиғи еңіс (көлбеулік) бұрышын анықтауға арналған қондырғы

1.3.5 Жұмысты орындау тәртібі. Жұмыстың мақсаты сусымалы материалдың гранулометриялық құрамының табиғи көлбеу бұрышының мөлшеріне әсерін зерттеу болып табылады.

- оқытушының нұсқауы бойынша сұрыпталған сусымалы материалды алу керек, мысалы фракциялар (0,2–1,0 ; 1,0–1,6; 1,6–2,5 немесе басқа);

- №1 зертханалық жұмысқа сәйкес фракцияның орташа мөлшерін анықтау;

- Әр фракцияның табиғи көлбеу бұрышын анықтау (α);

- Табиғи көлбеу бұрыштың әр фракцияның орташа диаметріне графикалық тәуелділігін құру және қорытынды дайындау.

Бақылау сұрақтары

1. Сусымалы денелердің ішкі үйкеліс коэффициенті.
2. Сусымалы материалдардың ағу (сырғу) мысалдары.
3. Сусымалы денелердің ағу жылдамдығының табиғи еңіс бұрышына (немесе ішкі үйкеліс коэффициентіне) тәуелділігі.

1.4 Саңылаудан сусымалы материалдардың ағып өту жылдамдығы. зертханалық жұмыс №4

1.4.1 Жұмыстың мақсаты: шикізаттың физикалық қасиеттерінің олардың тесіктен ағып шығу жылдамдығына әсерін зерттеу.

1.4.2 Жалпы мәліметтер. Ежелгі уақытта гравитациялық күштердің әсерінен сусымалы материалдардың ағып өту процесінің сипаттамалары байқалғаны әдебиеттерде келтіріледі.

Бұл ерекшеліктердің саңылаудан сусымалы материалдың ағу жылдамдығының тұрақтылығында және оның тесіктің үстіндегі материал қабатының биіктігінен тәуелсіздігінде екенінде.

Сондықтан, аталған сусымалы материалдардың ағуы (сусып ағуы) процестердің бұл ерекшеліктері қазіргі уақытта қолданылатын құм сағат өнертабысында көрініс тапқан.

Саңылаудан сусымалы дененің ағуы бөлшектердің диаметріне (d_{cp}), үйінді (себу) массасына (ρ_n) және ішкі үйкеліс коэффициентіне тәуелді: $\mu = \operatorname{tg}(\alpha)$

$$V = \rho_n \cdot D^3 (0,1 \cdot \mu + 0,3 d_{cp}), \quad (1.8)$$

мұндағы D – ағып шығатын тесіктің диаметрі

1.4.3 Ағу жылдамдығын анықтау әдістемесі. Алдында табиғи көлбеу бұрышы және үйінді (себу) массасы анықталған, белгілі фракцияның материалы «Аулау» құйғыға салынады,. Жапқышты ашқан кезде секундомер қосылады, құйғы босатылған сәтте секундомер тоқтатылады. Ағу уақыты бақылау журналына 1.2-кестеге жазылады. Көлемдік жылдамдықты есептейміз:

$$V_0 = V_c / \tau, \quad (1.9)$$

мұндағы V_c – материалдың көлемі;

Массалық жылдамдық анықталады:

$$V_m = m / \tau, \quad (1.10)$$

$$\text{мұндағы } m = \rho_n \cdot V_c;$$

1.4.4 Жұмысты орындау тәртібі. Жұмыстың мақсаты шикізаттың гранулометриялық құрамының, оның сусымалы массасының және табиғи көлбеуліктің (еңістің) (яғни ішкі үйкеліс коэффициенті - μ) бұрышының сусымалы шикізаттың ағу жылдамдығына әсерін зерттеу болып табылады:

- белгілі физика-механикалық сипаттамалары бар сұрыпталған материалды алу керек. Материал толтырылған ыдыстың 2 көлемінде үйінді (себу) массасы өлшегеннен кейін алынады.

- материалдың ағу уақытын анықтау;

- кестені толтырып, көлемдік және массалық жылдамдықты анықтау қажет;

- эмпирикалық (1.10) формуласы бойынша V есептеңіз, экспериментпен салыстырып және қорытынды жасаңыз.

1.2-кесте – Жылдамдық уақыты

тәжірибе №	d_{cp} , мм	ρ_n г/см ³	α град	$tg \alpha = \mu$	τ , сек	D , мм	V_0	V_m

Бақылау сұрақтары

1. Сусымалы материалдың ағып шығуы қандай технологиялық процестерге байланысты?

2. Неліктен шикізат бункерлерден шығарылған кезде «кептелу» пайда болады?

3. Қабат биіктігінің сусымалы материалдардың ағу жылдамдығына әсері қандай?

1.5 Шикіқұрам материалдарының ылғалдылығын анықтау. Зертханалық жұмыс № 5

1.5.1 Жұмыстың мақсаты: Кенді және кенді емес шикізаттың ылғалдылығын анықтау әдістемесін меңгеру.

1.5.2 Жалпы мәліметтер. Кендердің, концентраттардың, агломераттың, шекемтастардың, әктастың, доломиттің, кокстың және басқа да шикіқұрам материалдарының ылғалдылығы деп олардағы шикізат массасына пайызбен көрсетілген бос және гигроскопиялық ылғалдың болуымен түсіндіріледі.

Топырақтың ылғалдылығы «W» – бұл сынамадағы су массасының тұрақты массаға дейін кептірілген осы үлгінің массасына қатынасы.

Табиғи ылғалдылықтың мөлшері шикізаттың физикалық күйінің маңызды сипаттамасы болып табылады. Мысалы, шикізатты кеніштен зауытқа теміржол көлігімен тасымалдау кезінде кен қатып қалады және вагон аударғыштан төгілмейді, сондықтан вагондар жылыту бөлмелеріне әкелінеді.

Бақыланбайтын ылғалдылық жағдайында пешке материалдарды жүктеу техникалық-экономикалық көрсеткіштердің ауытқуына әкеледі, ал сұйық металды ылғалды материалға құю жарылысқа әкеледі.

Ылғалдылықтың сандық мәндері темір қабаттың массасын есептеу, меншікті салмағын, өнеркәсіптік кептіргіштердің жұмыс уақытын анықтау үшін қолданылады.

1.5.3 Жабдықтар, құралдар және материалдар. Жұмысты орындау үшін қолданылады:

- зертханалық таразы ВЛТЭ – 2200;
- термометрлі 200 °C дейін кептіру шкафы;
- алюминий стақандары;
- металл қалақша;
- түзу жүзді пышақ;
- тигель қысқыштары;
- эксикатор.

1.5.4 Жұмысты жүргізу тәртібі

- Қақпағы бар бос нөмірленген стақанды өлшеу (m_1 , г);
- Салмағы 20–50 г шикізат үлгісін стақанға салып, қақпағын жауып, өлшеу керек (m_2 , г);
- Сынамамен стақандар қақпақтары сәл ашылған кептіру шкафына қойылады. Үлгілерді кептіру шкафында 180–200 °C температурада 15 минут ұстайды;
- Кептіру аяқталғаннан кейін сынама кальций хлориді бар эксикаторда суытылады, ол су буын сіңіреді. Өлшенген мәліметтер журналға 1.3-кестеге енгізіледі;
- Эксикаторда салқындағаннан кейін кептірілген сынамасы бар стақандар өлшенеді (m_3 , г);
- Бұдан әрі сынамалары бар стақандар басқа жұмыстарда кейінгі сынақтар жасау үшін эксикаторға салынады.

1.3-кесте – Шікіқұрам материалдарының ылғалдылығы

Материалдың атауы, күні:					
Стақан нөмірі	Массасы, г			Шикізаттың ылғалдылығы, W, %	
	Ыдыс m_1	Брутто ылғалды m_2	Брутто құрғақ m_3	Салыстырмалы	Абсолюттік

1.5.5 Сынақ нәтижелерін өңдеу. Кептіруден бұрын материалдың массасын анықтау керек

$$m_0 = m_2 - m_1 \quad (1.11)$$

Кептіруден кейінгі сынама массасы:

$$m = m_3 - m_1 \quad (1.12)$$

Салыстырмалы ылғалдылық формула бойынша есептеледі:

$$W_{\text{отн}} = (m_0 - m) \cdot 100 / m_0, \%$$

Формуладан абсолютті ылғалдылықты су араластыруды табамыз:

$$W_{\text{абс}} = (m_0 - m) \cdot 100 / m, \%$$

Бір уақытта материалдың бір түріндегі үш стақанда сынау кезінде нәтижелер орташаланады және соңғы нәтиже ретінде беріледі.

1.5.6 Қауіпсіздік шаралары. Сынақтарды жүргізер алдында электр жабдықтарының жарамдылығына көз жеткізу керек: кептіру шкафының есігі тығыз жабылуы тиіс, Электржетек пен ашалық (штепсельдік) жалғау зақымдалмауы тиіс. Күюіп қалмау үшін кептіргіш шкафтан стақандар тигельді қысқыштардың көмегімен шығарылады.

Бақылау сұрақтары

1. Кеннен судың қандай түрлері бөлінеді?
2. Шикізаттың салмақтық ылғалдылығы дегеніміз не?
3. Ылғалдылық материалдардың физикалық жағдайына қандай әсер етеді?
4. Гигроскопия дегеніміз не?
5. Ылғалдылықты анықтаудың қалыпты және жеделдетілген әдістері арасындағы айырмашылықтарды атаңыз.

1.6 Кен материалдарын уату (ұсату). Зертханалық жұмыс № 6

1.6.1 Жұмыстың мақсаты: ұсату көрсеткіштерін анықтау.

1.6.2 Жалпы мәліметтер. Материалдарды ұсату (уату) белгілі бір мөлшердегі кесектерді алу үшін қолданылады, өйткені карьерлерден қазып алынған кендер, флюстер және т.б. шикізаттар полидисперсті сусымалы материалдар болып табылады және олардың құрамында оңтайлы мөлшерден асатын үлкен кесектер де, ұсақ, шаң тәрізді фракциялар да (кластар) бар. Шикіқұрам материалдарының оңтайлы ірілігіне оларды ұсату және елеу (сұрыптау) жолымен қол жеткізіледі.

Ұсату процесінің технологиялық көрсеткіштері ұсақтау тиімділігі мен дәрежесі болып табылады. Ұсақтау дәрежесі деп ұсақтау нәтижесінде кесектердің мөлшерін азайту дәрежесін айтады:

$$i = d_0 / d, \quad (1.13)$$

мұндағы d_0 и d – кесектердің ұсақтауға дейін және кейінгі сәйкесінше максималды өлшемі.

Ұсақтау дәрежесі кеннің бастапқы өлшеміне, уатқыш түріне және негізінен ұсақталатын материалдың беріктігіне байланысты анықталады.

Ұсақтау әр кезең үшін уатқыштың ең қолайлы түрін қолдана отырып, бірнеше сатыда жүзеге асырылады.

Кеңінен қолданылатын уатқыштардың көбісі болаттан жасалған екі беттің бір –біріне қарама-қарсы бақытта жанасу арасында кен кесектерінің сығылуы нәтижесінде уатылу принципі бойынша жұмыс істейді: жақты уатқыштар (ірі, орташа және ұсақ ұсату), білікті және балғалы (орташа және ұсақ ұсату).

1.6.3 Жабдықтар, құралдар және материалдар. Жұмысты орындау үшін қолданылады:

- зертханалық жақтаулы ұсатқыш ЖҰ 60×100, төмендегі 1.4-суретте келтірілген;
- таразы ВЛТ7 2200;
- кесектігі 25–35 мм және салмағы 1–1,5 кг кен;
- кронциркуль-штангенциркуль, бөліктері бар сызғыш;
- қалақ, қалақшалар, банкалар, ыдыстар.



1.4-сурет – Жақтаулы ұсатқыш

1.6.4 Жұмысты жүргізу тәртібі. Ұсақтауға дейін де, одан кейін де (d_0 және d) материал кесектерінің орташа максималды өлшемін анықтау үшін көз мөлшермен үш максималды кесекті алады және олардың әрқайсысын үш өзара перпендикуляр бағытта өлшейді.

Әр кесектің орташа өлшемі формула бойынша анықталады:

$$d = l + b + h / 3, \quad (1.14)$$

мұндағы l , b , h – сәйкесінше өлшемді жасау бойынша кесектің ұзындығы, ені және қалыңдығы, мм, жасалған өлшем бойынша кесектің қалыңдығы, мм.

Сонда мысалы, ұсақталғанға дейінгі материал кесектерінің орташа максималды өлшемі, келесі өрнектен анықталады:

$$d_0 = d_1 + d_2 + d_3 / 3. \quad (1.15)$$

Нәтижелерді журналға 1.4-кестеге еңгізу керк. Осы өлшеуді орындағаннан кейін кенді уатқышта ұсату жүргізіледі.

Сынақты жүргізу.

- Жақты уатқыштың нұсқаулығымен танысу.

- Дайындалған кен сынамасын алу, оны зертханалық таразыларда 0,1 г дәлдікпен өлшеу. Таза салмақты анықтау.

- уатқыштың шығыс саңылауының қажетті өлшемін орнату (мысалы, 10–12 мм): оның астына жайпақ қаңылтыр ыдысты салыңыз, уатқышты қосыңыз және бастапқы материалдың төрттен бір бөлігін уатқыштың жүктеу тесігіне қалақшамен салыңыз да, жүктеу тесігін қақпақпен дереу жабыңыз. Содан кейін кезекпен қалған бөліктерін салып отыру керек.

1.6.5 Нәтижелерді өңдеу. Уатқаннан кейін ұсатылған материалдың массасын және бастапқымен салыстыруда анықтаймыз. Уату кезінде шығындардың пайызын анықтаймыз:

$$\Delta = (m_0 - m / m) \cdot 100\% \quad (1.16)$$

3% артық қате болған жағдайда эксперимент қайталанады.

1.4-кесте – Фракциялық құрамы

Материалдың атауы, күні:				
Көрсеткіштер	l	b	h	d
Өлшемдері, мм:				
Ұсатуға дейін:				
Ұсатудан кейін:				

Бұдан әрі (1.14) және (1.15) формулалар бойынша ұсатылған материалдың ең жоғары кесектерінің орташа диаметрі және (1.16) формула бойынша ұсату дәрежесі анықталады.

1.6.6 Қауіпсіздік шаралары. уатқыштарды қосуға оқытушының рұқсатын алғаннан кейін және жұмыстың барлық қатысушыларын қосу туралы ескертке жасау арқылы жұмыс тобының бригадирі ғана қосуға рұқсатты бар. Уатқыштың жұмысы кезінде материалды уатқыштың жақтары арасында итеруге, тазартуға, сондай-ақ түсіру саңылауының мөлшерін реттеуге қатаң тыйым салынады.

Жақты уатқыштардың нұсқауларына сәйкес қосымша шаралар ЖҰ 60×100.

Бақылау сұрақтары

1. Жақты уатқыштың жұмыс принципі.
2. Жақты уатқыштардың кемшіліктері қандай?
3. Кендер мен тау жыныстарының беріктігіне қандай факторлар әсер етеді?

1.7 Шикізат материалдарын елеу. Зертханалық жұмыс № 7

1.7.1 Жұмыстың мақсаты: Елеу көрсеткіштерін анықтау.

1.7.2 Жалпы мәліметтер. Материалдарды елеу мақсаты ұсақталған материалды мөлшері бойынша фракцияларға бөлу болып табылады.

Електер-елеуге арналған аппараттар қозғалмайтын (желтартқыш торлы) және қозғалмалы торлы түрлеріне бөлінеді. Кен дайындау цехтарында дірілді және инерциялық електер кеңінен қолданылды.

Елеу тиімділігі – бұл нақты еленген фракция санының бастапқы материалдағы осы фракциялар санына қатынасын білдіретін көрсеткіш:

$$\eta = (P \cdot (\alpha - v)) / (\beta - v) : (P \cdot \alpha) / 100, \quad (1.17)$$

$$\eta = (\alpha - v) \cdot 100\% / (\beta - v) \cdot 0,01\alpha.$$

мұндағы P – уақыт бірлігінде елекке берілетін бастапқы кеннің массасы, т/сағ;

α – бастапқы материалдағы фракциялардың мөлшері (құрамы) %;

v және β – тордың астындағы және үстіндегі өнімінде осы фракцияның мөлшері (құрамы) %.

Електеу (елеу) тиімділігін анықтау үшін бастапқы материал мен тор үстіндегі өнімнің сынамалары алынады. Олардың әрқайсысының массасы 100 % деп қабылданады. Сынамалар торда електің саңылаулар өлшемдеріне сәйкес таралады.

1.7.3 Жабдықтар, құралдар мен материалдар

- дірілді елек Гр-3 төмендегі 1.5-суретте көрсетілген, қол елегі, электронды таразы (5 кг);

- ірілігі 0–5 мм және салмағы 1–1,2 кг кен, қалақтар;

- қалақшалар, банкалар-ыдыстар, бөліктері бар сызғыш.



1.5-сурет – Зертханалдық дірілді елек

1.7.4 Жұмысты жүргізу тәртібі. Електің жұмыс тиімділігін есептеу үшін бастапқы кендегі фракцияның таралу құрамын (α) анықтау қажет. Кен сынамасының ұсақтау параметрлерін квартования (төрт бөлікке бөлу) әдісін қолдана отырып анықтағаннан кейін (3.1) алынады: клеенкада сынама орташаланады және жұқа қабатпен тегістеледі және металл сызғышпен айқастырып төрт бөлікке бөлінеді. Қарама-қарсы екі бөлік (диагональ бойынша) қолмен елеу үшін іріктеледі. Басқа екеуі - дірілді електе елеу үшін алынады. Елек торының ұяшықтарының мөлшері бірдей (тесіктердің диаметрі 2,5 мм).

Бірінші сынама тұпқоймаға (поддонға) жүктеледі, қақпақпен жабылады және қолмен мұқият електен өткізіледі. 5 минуттан кейін бастапқы шикізатындағы (α) електен өткен сыныптың құрамын анықтау үшін тор астындағы өнімді өлшейді.

1.7.5 Сынақты жүргізу

- Дірілді електің нұсқаулығымен танысу;

- Төрт бөлікке бөлі және екі диагональды бөліктерін алу (бірінші сынама) арқылы – ұсақтаудан кейін кен сынамасын ширек бөлікке бөлу әдісімен алу;

- Үлгінің массасын анықтау - таза салмақ (бірінші және екінші бөліктер $m_1=m_2$ бөліктері тең болуы керек);

- Бес минут ішінде тесіктері 2,5 мм електе қолмен елеу жүргізу;

- Себеленген фракцияны (тор астындағы өнім) өлшеп, бастапқы шикізаттағы електен өткен сыныптың санын анықтау:

$$\alpha = (m_{от} / m_1) \cdot 100\%, \quad (1.18)$$

мұндағы $m_{от}$ – еленген фракцияның массасы, г;

m_1 – қолмен елеуге арналған сынама массасы, г.

Үлгінің екінші бөлігін дірілді електің торына тегіс қабатпен салу керек (тесіктердің өлшемі қол елегімен бірдей болуы керек, яғни 2,5 мм).

Електі қосу. Електен өткізу уақыты 10 сек.

Дірілді електі өшіргеннен кейін 5 минуттан соң жоғарғы және төменгі өнімдері өлшенеді.

Тор үстіндегі өнімі қолмен електен 5 минут ішінде өткізіледі. Бұл тор үстіндегі «v» - өнім қалдықтарының фракциясы - електен себілген (өткізілген) массасы бойынша тексеріледі.

Барлық нәтижелерді журналға енгіземіз.

1.5-кесте – Елеу шикізатының фракциялық құрамы

Материалдың атауы, күні:

Елеу ұзақтығы, сек	Қолмен себу өнімдерінің массасы, г			α , %	Дірілді елегіштен алынған өнімдердің массасы, г			v, %	η , %
	m_1	m_v	m_n		m_2	m_{vg}	m_{ng}		

Тәжірибе үшін жеткілікті дәлдікпен $\beta = 100 \%$, қабылдауға болады, яғни тор астындағы өнімде 100 % електен өткен фракция бар (басқасы жоқ).

1.7.6 Нәтижелерді өңдеу. Қолмен елеуден кейін шығындарды анықтаймыз:

$$\Delta = (m_1 - (m_v + m_n)) \cdot 100\% / (m_v + m_n) \quad (1.19)$$

егер үш пайыздан көп шығын болса, тәжірибе қайталанады.

- Бастапқы кендегі елеп тазалау фракциясының мөлшерін анықтаймыз:

$$\alpha = ((m_n / m_1)) \cdot 100\%$$

немесе

$$\alpha = ((m_n / m_n - m_b)) \cdot 100\% \quad (1.20)$$

Дірілді електің жұмыс істегеннен кейін шығындарды (1.20) сәйкес анықтаймыз және тордағы өнімді елеп тазалау фракциясының құрамын (яғни, електен өтпей және тұрып қалған ұсақ бөліктерін) есептейміз:

$$\nu = ((m_{bg} - m_b / m_1 + m_2)) \cdot 100\%, \quad (1.21)$$

мұндағы бөлімінде екі сынаманың орташаландыру олардың $\pm 2\%$ айырмашылығы кезінде ($m_1 = m_2$ болуы тиіс).

Елеу тиімділігін $\beta = 100\%$ есебімен (3) формула бойынша анықтаймыз.

1.7.7 Қауіпсіздік шаралары:

- жұмысты жасау тобының бригадирі оқытушының рұқсатымен және барлық қатысушыларды қосу туралы ескертуден кейін електі қосуға рұқсаты бар;
- електі өшіргеннен кейін шаң бөлшектерді шөгуі үшін 4-5 минут кідіру (көзді қорғау үшін);
- елек жұмыс істеп тұрған кезде бекіту бөлшектерін бұрап шешуге немесе бұрауға тыйым салынады;
- қосымша шаралар Гр-3 дірілді електің нұсқаулығына сәйкес.

Бақылау сұрақтары

1. Електің жұмыс принципі.
2. Електің тиімділігі дегеніміз не?
3. «Фракция» ұғымын түсіндіріңіз.

1.8 Шикіқұрам материалдарының гранулометриялық құрамының көрсеткіштерін анықтау. Зертханалық жұмыс № 8

1.8.1 Жұмыс мақсаты: Електеу әдісімен кен шикізатының гранулометриялық құрамын анықтау әдістемесін меңгеру.

1.8.2 Жалпы мәліметтер. Шикізаттың гранулометриялық құрамы дегеніміз әр түрлі өлшемдегі бөлшектердің салыстырмалы массалық құрамын білдіреді [2, 6].

Шикіқұрам материалдарының кесектігі, өлшемдердің біртектілігі технологиялық процестердің газодинамикасын, жылу алмасу қарқындылығын және физика-химиялық өзгерістердің жылдамдығын анықтайтын маңызды технологиялық параметрлердің бірі болып табылады.

Кенді өңдеудің әрбір процесіне технологияның тиімділігін қамтамасыз ететін шикіқұрам материалдарының өзіндік оңтайлы кесектігі сәйкес келеді.

Шикізаттың гранулометриялық немесе елек құрамы – бұл оның кесектерін (түйіршіктерінің) ірілік кластары (фракциялары) бойынша бөлу. Електік талдауы сусымалы материалдарды өлшемі бір - біріне жақын бөлшектері (фракциялары) бар топтарға бөлу жолымен елеу беттерінде калибрленген тесіктері бар торларда жүргізіледі. бар. Оны кенді ұсақтау, елеу, байыту, тасымалдау және өңдеу процестері кезінде білу қажет.

Гранулометриялық құрамды талдау технологиялық емес фракцияны (өте ірі және өте ұсақ) елеп тазарту және електің түрін таңдауға мүмкіндік береді.

Себу көрсеткіштері кен материалдары кесектерінің орташа өлшенген диаметрі болып табылады:

$$d_{cp} = \sum d_i \cdot m_i / 100, \text{ мм} \quad (1.22)$$

біртектілік коэффициенті:

$$m = d_{60}/d_{10} \quad (1.23)$$

мұндағы d_i – шикізаттың i – ші фракциясы кесектерінің орташа өлшемі, мм;

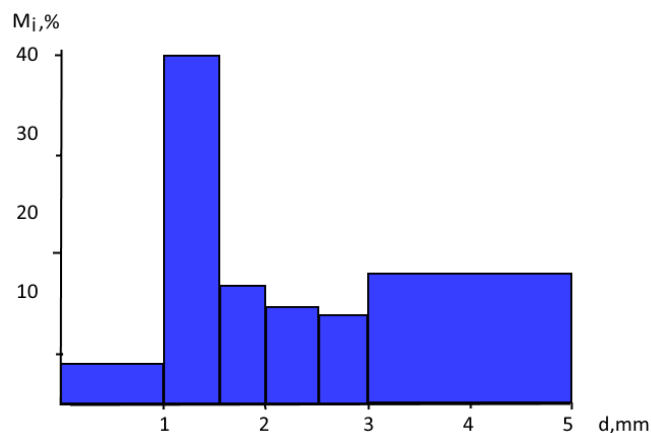
m_i – Електік талдауы бойынша осы фракцияның салмақтық шығымы, %;

d_{60} және d_{10} – сынаманың жалпы массасының тиісінше 60 % және 10 % құрайтын кесектердің максималды диаметрлері.

«т» – мәнінде (кезінде) үштен аз болса материал біртекті болып саналады.

Шикізаттың гранулометриялық құрамы сандық кестелер немесе графикалық түрде ең көп таралған графиктер-гистограммалар, таралу қисықтары және кумулятивтік қисықтар түрінде бейнеленеді.

Гистограмма немесе бағанды диаграммасы – тік осьте түзу сызыққа салынған қарша түріндегі тіктөртбұрыштарының жиынтығы алынған фракциялардың пайыздық мөлшерін, ал көлденең осьте олардың шекаралық өлшемдерінің логарифмдерін 1.6-суретте көрсетілгендей құралады.

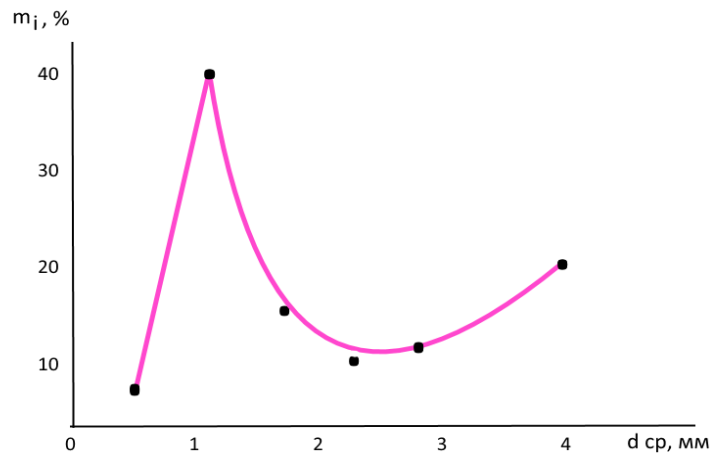


1.6-сурет – Гистограмма

Логарифмдерді пайдалану бұл гранулометриялық талдауда - бөлшектер фракцияларға бөлінеді, олардың өлшемі геометриялық прогрессияда өседі (төмендейді) сол себепті туындаған.

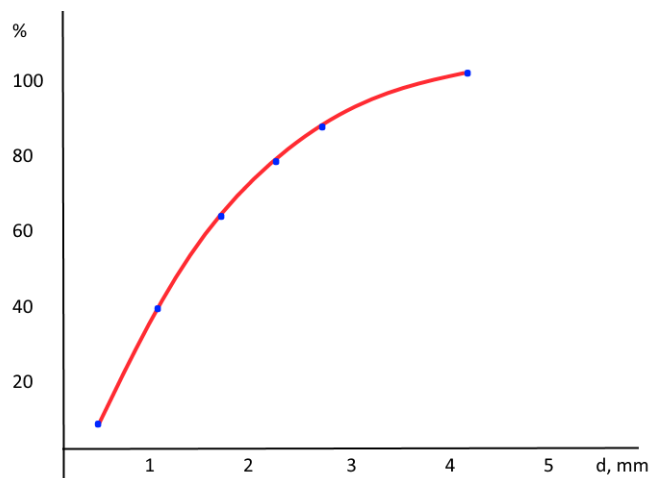
Кейде гистограмма фракциялардың шекаралық өлшемдерінің айырмашылығына қарамастан, еркін таңдалған тең кесінділерді құрылады. Бірақ, бұл жағдайда бағандардың биіктігі фракция өлшемдерінің құрамына пропорционалды болады.

Үлестіру қисық сызықтарын тұрғызу фракциялардың өлшемдері абсцисса осі бойымен, ал ординат осімен олардың пайыздық құрамы 1.7-суретте көрсетілуі бойынша жасалады.



1.7-сурет – Қисық сызықта таралулар

Кумулятивтік қисық сызықта, үлестіру қисығынан айырмашылығы, кумулятивтік пайыздар ординат осіне қойылады, берілген диаметрден кіші бөлшектердің жалпы құрамы 1.8-суретте көрсетілген.



1.8-сурет – Кумулятивті қисық сызықтар

Логарифмдік шкаланы қолдану тәуелділікті теңестіруге әкеледі $m = f(d)$.

1.8.3 Жабдықтар, құралдар мен материалдар:

- електер жиынтығы бар Гр-3 дірілді елегі,
- таразы ВЛТЭ – 2200,
- ірілігі 0-10 мм және салмағы 1–1,2 кг кен, қалақтар,
- қалақшалар, банкалар-ыдыстар.

1.8.4 Жұмысты орындау тәртібі. Кен кесектерінің орташа диаметрін анықтау. Стандартты електердің конструкциясы белгілі бір заңдылықпен біркелкі өзгеруі керек: үлкеннен кішіге дейін. Елек саңылауларының өлшемдерінің ретінің қатары геометриялық прогрессияны құрайды.

Тесіктерінің өлшемдері: 3 мм, 2,5 мм, 2 мм, 1,5 мм, 1 мм стандартты електер жиынтығы металлургия кафедрасының зертханасының иелігінде.

Електік талдауды орындау үшін осы елек жиынтығын келесі ретпен орналастырамыз: металл түпқоймаға ең кішісі 1 мм тесік өлшемімен орнатылады, содан кейін оған 1,5, 2, 2,5 және 3 мм тесіктері бар елек кезекпен орнатылады.

Жоғарғы торға (елекке) салмағы 1–1,2 кг құрғақ материалдың өлшенген сынамасы салынады, қақпақпен тығыз жабылады. Електердің барлық жиынтығы Гр-3 орнағы нұсқаулығына сәйкес дірілді елекке орнатылады және бекітіледі.

Бұл жұмысты орындау үшін бастапқы материал ретінде ұсақтау дәрежесін анықтау тәжірибелерінде ұсақталған өнімді електен өткізу кезінде бөлінген 10 мм фракцияны қолдану ыңғайлы (№6 зертханалық жұмыс).

Сілкілеу (діріл) уақыты 5 минут деп қабылданады, содан кейін әр електің құрамы өлшенеді. Електік талдау нәтижелері журналға 1.6-кестеге жазылады.

1.6-кесте – Түйір өлшемдік талдау деректері

Материалдың атауы, күні:					
Фракциялар, мм	Фракцияның орташа мөлшері, d_i , мм	Шығыс		Жиынтық шығыс, %	
		г	%, m_i	Плюсте- торда жалпы қалдықтар, β^+	Минус бойынша- соммалық елеу, β^-
1	2	3	4	5	6
+ 3 ^{*)}	(3+5)/2=4	163,8	18	18	100
+ 2,5-3	(2,5+3)/2=2,75	91,0	10	28	82
+2-2,5	2,25	100,1	11	39	72
+1,5-2	1,75	145,6	16	55	61
+1-1,5	1,25	354,9	39	94	45
0-1	0,5	54,6	6	100	6
Барлығы		910,0	100		
*) – Бастапқы кен ірілігінің жоғарғы шегі минус бес мм тең деп қабылданады.					

Сыналатын материал кесектерінің орташа өлшенген мөлшері мына (1.22) формула бойынша анықталады:

$$d_{cp} = (4 \cdot 18 + 2,75 \cdot 10 + 2,25 \cdot 11 + 1,75 \cdot 16 + 1,25 \cdot 39 + 0,5 \cdot 6) / 100 = 2,04 \text{ мм.}$$

Гранулометриялық құрамның талдауы. Кеннің гранулометриялық құрамының қисығын координаталардың жартылай логарифмдік жүйесінде минус (β -) жиынтық шығу бойынша: $\lg d_i$ абсцисса осі бойынша $1 \text{ см} = 0,1$ логарифм масштабында, ординат – β осі бойынша.

d_{60} және d_{10} көрсеткіштерін анықтаймыз, содан кейін (1.23) формула бойынша бастапқы материалдың біртектілігін есептейміз. Диаграммадағы мәліметтерге сәйкес, келтіріліген мысал үшін $m = 1,73/0,6 = 2,9$, яғни таужынысы біртекті ($m < 3$).

Әрі қарай, (β^+), бойынша график саламыз, бірақ қарапайым координаттарда. Содан кейін «А» және «В» түріндегі графиктерді саламыз. Орындалған жұмысты бағалау.

Бақылау сұрақтары

1. Кендер мен жыныстардың гранулометриялық құрамы дегеніміз не.
2. Шикізаттың гранулометриялық құрамын анықтау тәртібі қандай.
3. Қандай мақсатта кесектердің орташа диаметрі және кен мен жыныстардың біркелкілік коэффициенті анықталады.
4. Гранулометриялық құрамның графикалық кескінінің қандай түрлерін қалайсыз?
5. Торлық (електік) талдауы дегеніміз не.

1.9 Гравитациялық байыту. Зертханалық жұмыс № 9

1.9.1 Жұмыс мақсаты: Пайдалы қазбаларды тұндыру және шаю әдісімен таныстыру.

1.9.2 Жалпы мағлұматтар. Байытудың гравитациялық әдістері минералдардың тығыздығының айырмашылығының және олардың су немесе ауа ортасында әртүрлі жылдамдықпен тұнбаға түсуді (шөгу) қолдануға негізделген. Минералды бөлу үшін ауыр сұйықтықтар мен суспензиялар да қолданылады.

Гравитациялық байыту әдістеріне мыналар жатады:

- тұндыру;
- үстелдерге шоғырландыру;
- науашаларда байыту;

- бұрандалы сепараторларда байыту;
- шаю;
- ауыр суспензияларда бөлу;

Гравитация процестері бос жынысты минералдардың пайдалы минералдардың тығыздығынан ерекшеленетін әртүрлі кендерді байыту үшін қолданылады.

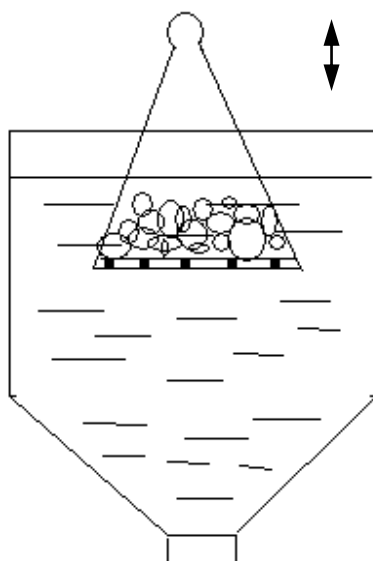
Гравитация әдістерімен темір және марганец кендері, түсті, асыл және сирек кездесетін металл кендері, титан, цирконий және басқа да ауыр металл минералдары бар кендер мен шашырандылар байытылады.

Тұндыру дегеніміз – минералдардың түйіршіктерінің бөлінуі, судың тік ағынында әр түрлі тығыздықтағы минералдардың тұнып түсу жылдамдығындағы айырмашылықтарға негізделген пайдалы қазбаларды байыту әдісі. Тұндыру процесі тұндыру машиналарында жүргізіледі, 1.9-суретте схема түрінде көрсетілген.

Жылжымалы тор 1 жоғары - төмен ілгерлемелі қозғалыс жасайды. Тесіктердің мөлшері байытылатын материалдың түрімен анықталады. Тор су толтырылған 2 камерасына орналастырылады. Тор төмен қарай қозғалса, шикізат қопсытылып, минералды түйіршіктердің қабатталуы болады және олар тығыздығы мен өлшемдеріне сәйкес тығыз түсу жағдайында төмен қарай жылжиды. Ауыр түйіршіктер жеңіл минералдарға қарағанда тез тұнып түседі, соңғылары жоғары көтеріледі.

Торлардың жоғары қарай қозғалғанында минералдар тығыздалады. Тұндырудың көп реттік циклінің нәтижесінде шикізат әртүрлі тығыздықтағы қабаттарда орналасады: ауыр түйіршіктер төменгі қабатта, ал жеңіл минералдардың түйіршіктері жоғарғы қабатта шоғырланады. Торда пайда болған қабаттар машинадан бөлек шығарылады.

Шаю - бұл пайдалы қазбаларды сумен механикалық қопсыту арқылы сазбалшықты бөлшектерді одан бөліп алу, оларды қалқыған күйге ауыстыру мен сазды бөлігін шайып алып тастап және шайылған материалдың концентрациясынан тұратын байыту әдісі.



1.9-сурет – Жылжымалы торы бар тұндыру машинасының схемасы

Пайдалы қазбаларды шаю астау тәріздес, даңғыра, аралас және басқа да типті аппараттарда жүргізіледі. Темір және марганец кендері, түсті, сирек кездесетін және асыл металдардың шашырандылары шайылады.

Аппараттардың жұмыс принципі тұндыру машиналарының принципіне ұқсас, тек мұнда сазбалшықты компоненті ағызумен бірге кетеді, ал шайылған тау жынысы әртүрлі бұрандалы қалақшалардың көмегімен қарама-қарсы бағытта қозғалады. Су шығыны 4 м^3 дейін бір тонна кенге.

1.9.3 Жабдықтар, құралдар мен материалдар

Сынақтарды жүргізу үшін мыналар қолданылады:

- таразы ВЛТЭ-2200,
- 200°C дейін термометрмен кептіру пеші,
- электр плитасы, қалақтар, банкалар, кен сынамалары,
- т.б. жабдықтар мен материалдар.

1.9.4 Сынақтарға дайындау. Себеттің жартысын толтыру үшін жеткілікті мөлшерде шаю үшін ірілігі 5–7 мм және 10–30 мм шикізат (кендер, шлактар, флюстер) сынамасы алынады.

Өлшендісі бар себетті толығымен суға батыру үшін жеткілікті деңгейге дейін ыдысты сумен толтырады.

Сынақтарды жүргізу. Тұндыру. Шикізаттың сынамалары тығыздығы мен түсі бойынша ерекшеленуі тиіс.

1.7-кесте – Сынақ мәліметтері

Материал	Тұнба		Жуу	
	d, мм	d, мм	d, мм	d, мм
цилиндр пішінді торлы ыдыс			50-70	100-120
цилиндр пішінді ыдыс			75-80	170-180
кен сынамасы, массасы г.	200		200	
кен фракциясы, мм	5-7		10-30	

№ 2 жұмысқа сәйкес себу (үйінді) тығыздығын анықтаймыз. Кенді немесе қожды әктаспен клеенкада араластырып, орташаландырамыз және сынаманы ширектеп тең бөлікке бөлеміз. Қоспаны түссіз тор-себетке салады, биіктігін анықтаймыз және сулы ыдысқа батырамыз. 4–5 минут ішінде бұл себеттің іргеллемелі қозғалыстарды тұрақты жасаймыз. Ыдыстан торды алғаннан кейін (2–3 мин.) ылғалдың шығуына мүмкіндік береміз және қабаттардың биіктігін анықтаймыз. Сызбаларды жасаймыз және журналды 1.8-кестеге толтырамыз. Материалдарды тығыздығы бойынша бөліну процесін талдаймыз.

1.8-кесте – Шөктіру көрсеткіштерін енгізу журналы

Күні					
Материал	Себу (үйінді) тығыздығы г/см ³	Түсі	Қабаттардың биіктігі (мм) және түсі		
			Бастапқы жалпы	Төменгі	Жоғарғы

Шаю. 10–30 мм фракциялы боксит кенінің үлгісін таңдаймыз, себетке 2/3 биіктікте себіп саламыз. Үлгінің массасын анықтаймыз: $m_n = m_6 - m_t$. Суы бар ыдысқа себетті салып, себетті жоғары-төмен қозғалысын 5-7 минут ішінде жасаймыз. Суы түсінің өзгеруін бақылаймыз. Себетті аламыз және 2–3 мин судың ағуына ылғалдың шығуына мүмкіндік береміз. Содан кейін себетті кептіру шкафына салаламыз, 180 °C дейін қыздырып және 15 минут пеште қалдырамыз (ұстаймыз). Кептірілген және суытылған үлгіні өлшеп, ерітіндіге өткен сазбалшықтың мөлшерін айырмашылықпен анықтаймыз. Саздың массасын анықтау үшін келесі сабаққа дейін су құйылған ыдысты тұндыруға қалдырамыз, онда сифонның көмегімен судың негізгі бөлігін құйып аламыз – сифон түтігінің төменгі ұшы (d 6-9 мм) шөккен саздың бетінен 12–13 мм қашықтықта болуы керек. Содан кейін қалған сумен тұнбаны шайқап, суды буландыру үшін металл ыдысқа құйылады. Егер тұнбаның бір бөлігі ыдыста қалса – су қосыңыз, шайқаңыз және металл банкаға еселеп құямыз. Кептіру

шкафына (150 °С) немесе дұрысы электр плитасына саламыз. Кептірілген сазбалшықты суытып және оның массасын анықтаймыз. Шығындарды анықтаймыз. Журналда қажетті жазбалар жасаймыз.

Сазбалшық құрлым құраушысының массалық үлесі формула бойынша анықталады:

$$x = (m_0 - m_i / m_0) \cdot 100 \% \text{ немесе } (\Delta m / m) \cdot 100\% \quad (1.24)$$

Сазбалшықтың шайылуын келесі өрнек бойынша бағалаймыз:

$$\Delta = (\Delta m - m_r / m_r) \cdot 100 \% \quad (1.25)$$

мұндағы m_0 – кеннің бастапқы массасы;

m_i – жуғаннан кейін кеннің кептірілген массасы

$\Delta m = m_0 - m_i$

m_r – сазды шөгінді массасы

$$\Delta m = m_0 - m_i$$

1.9-кесте – Жуу журналы

Материалдың атауы, күні:					
Масса, грамм				x, %	Δ, %
m_0	m_i	Δm	m_r		

Жұмыстың соңында сынақтарға талдау жасаймыз.

1.9.5 Қауіпсіздік шаралары. Кептіру шкафымен және электр плитасымен жұмыс істеу кезінде электр жіптерінің бүтіндігіне көз жеткізіңіз, сынамалары бар ыдысты күйден қорғану үшін қолғаппен алу керек.

Бақылау сұрақтары

1. Кенді гравитациялық байытудың принциптері.
2. Тұнба және шаю дегеніміз не?
3. Тұндыру мен шаюды біріктіруге бола ма?

1.10 Магнитті байыту. Зертханалық жұмыс № 10

1.10.1 Жұмыс мақсаты: пайдалы қазбаларды магнитті байыту әдістерімен танысу.

1.10.2 Жалпы мәліметтер. Пайдалы қазбаларды магниттік байыту магниттік күштерді қолдана отырып, олардың көмегімен магниттік қасиеттері бар минералдар осы қасиеттердің әлсіз көрінісі бар минералдардан бөліп алуға негізделген [2, 6].

Магниттік күштердің көзі-магниттер мен ток өткізгіштерді айналасындағы кеңістіктегі магнит өрісі. Ол барлық жағдайларда электр тогын құрайтын қозғалмалы электр зарядтары болған жерде пайда болады.

Заттың магниттелуі мен магнит өрісі арасындағы байланыс магниттік сезімталдық деп аталатын шамамен анықталады:

$$\mathfrak{A} = J / H, \quad (1.26)$$

мұндағы J – магниттелу, а/м,
 H – кернеу, а/м.

Магниттік сезімталдық шамасы өлшемсіз және минералдардың магниттелу қабілетімен сипатталады.

Тәжірибелік мақсатта меншікті магниттік сезімталдық шамасын $\mathfrak{A}_y, \text{м}^3/\text{кг}$ қолданады:

$$\mathfrak{A}_y = \mathfrak{A} / \rho \quad (1.27)$$

мұндағы ρ – заттың тығыздығы, $\text{кг} / \text{м}^3$.

Минералдың меншікті магниттік сезімталдығы мәні бойынша үш топқа бөлінеді, 1.10-кестеде көрсетілген.

1.10.3 Жабдықтар, құрал - саймандар және материалдар. Сынақтарды жүргізу үшін келесілер қолданылады:

- зертханалық үстелдік электрондық таразылар;
- магнит, 3–5 мм фракциялы кен сынамасы;
- ширекке бөлуге арналған клеенка, қалақшалар, банкалар, сызғыш.

1.10.4 Сынақтарды жүргізу. Кен-төбе кен орнының магнетит кенінің сынамасын аламыз, салмағы 200 г, фракциясы 3–5 мм. Үлгінің массасын (m_0) анықтаймыз. Массаны клеенкаға төгеміз, оны клеенка бұрыштарының бірін кезекпен көтеру арқылы орташалаймыз, сонымен қатар сынама ортасына себіледі (үйіледі). Содан кейін үлгіні төрт бөлікке бөлеміз. Сынаққа екі қарама-қарсы орналасқандарын аламыз және m_1 сынамасының массасын анықтаймыз, екінші m_2 екінші тәжірибеге қалдырамыз.

1.10-кесте – Кейбір минералдардың меншікті магниттік сезімталдығы

Жоғары магнитті минералдар $\alpha_y = 6 \cdot 10^{-5}$ м ³ / кг	Төмен магнитті минералдар $\alpha_y = 9 \cdot 10^{-6}$ м ³ / кг	Магнитті емес минералдар $\alpha_y = 1 \cdot 10^{-7}$ м ³ / кг
магнетит маггемит франклинит пирротин	гетит сидерит браунит вольфрамит	молибденит шеелит касситерит рутил

Сыналатын сынаманы клеенкаға біркелкі салып, клеенкаға оралған сынама бойынша өткіземіз және клеенкаға оралған сынама бойынша магнитпен өткіземіз. Жабысқан минералдарды магнитпен бірге ыдысқа салып, клеенканы ұстап тұрып, магнитті алып тастаймыз. Нәтижесінде магниттік минералдар ыдысқа түседі. Тәжірибелер магнетит толық алынғанша қайталанады.

Магниттік және магниттік емес бөліктер өлшенеді және журналға 1.11- кестеге жазылады.

Байыту дәрежесін формула бойынша анықтаймыз:

$$\varepsilon = (m_m / m_m + m_n) \cdot 100\%, \quad (1.28)$$

мұндағы m_m – үлгінің магниттік бөлігінің массасы, г;

m_n – магниттік емес бөліктің массасы, г.

1.11-кесте – Магнитті байыту бойынша мәліметтерді жазу журналы

Материал					Күні		
Массасы, грамм						ε, %	
Тәжірибеге дейін			байытудан кейін				
			магниттік бөлік		магниттік емес бөлік		
m _Г	m ₆	m ₁	m ₆	m _М	m ₆		m _Н

Шығындарды тексеру: $m_1 = m_m + m_n$. Қателік пайыз бойынша формуламен анықталады:

$$\Delta = (m_1 - (m_m + m_n) / (m_m + m_n)) \cdot 100\%, \quad (1.29)$$

Әрі қарай, біз екінші сынамамен (m_2) сынақ жүргіземіз және нәтижелерді салыстырамыз. Талдау жасаймыз.

1.10.5 Қауіпсіздік шаралары. Кенмен жұмыс істеу кезінде тыныс алу жолдарына түсуін болдырмау, яғни асықпай, абайлап салу керек.

Бақылау сұрақтары

1. Магниттік күштер қалай пайда болады?
2. Сынаманы не үшін ширекке бөлу керек?
3. Кернеу дегеніміз не?

1.11 Кендерді тотықтырып күйдіру. Зертханалық жұмыс № 11

1.11.1 Жұмыс мақсаты: байытудың күйдіру әдістерімен таныстыру.

1.11.2 Жалпы мәліметтер. Кендерді күйдіру көптеген жағдайларда кендерді байыту, келтіру, химиялық және металлургиялық өңдеу алдында маңызды дайындық және көмекші операция болып табылады. Байыту фабрикаларында тотықсыздандырғыш (магнетизациялаушы), тотықтандырғыш, тотықсыздандыра-тотықтыру, хлорлаушы және күйеженіктеу қолданылады [2, 7].

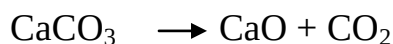
Мыс, молибден және мырыш концентраттарын тотықтыра күйдіру гидрометаллургиялық қайта өңдеу алдында күйіктер алу үшін қолданылады.

Қара металлургияда тотықтырға күйдіру темір мен марганец кендерінің карбонаттарынан әктасты алу, гидратты ылғал мен көмірқышқыл диоксидін кетіру үшін кеңінен қолданылды.

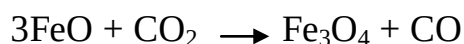
Тотықтыра күйдіру жағдайларына байланысты алынатын металдың құрамын арттырумен қатар, кейбір қоспаларды жекелей немесе толық жоюға қол жеткізуге болады, атап айтқанда: күкірт, мырыш, қорғасын. Күйдіру өнімдерінің соңғы құрамы температураға, процестің уақытына және шикізаттың табиғатына тәуелді.

Әр түрлі материалдар үшін тотықтыра күйдіруде атмосферасында пайда болатын химиялық реакциялар:

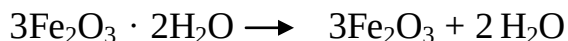
а) әктасты күйдіру



б) сидериттерді күйдіру



в) күйдіру кезінде гидраттардың ыдырауы



Өнеркәсіпте жылжымалы отықты торлар, айналмалы үстелдер, көп түпті пештер, шахталық пештер, циклондар, қайнаған қабатты пештер кеңінен қолданылады.

Күйдіру процесінің негізгі көрсеткіші-шикізаттан ұшпа заттарды жоюдың толықтығы. Шығарылған заттар санының олардың күйген материалдағы максималды мөлшеріне қатынасы.

1.11.3 Жабдықтар, құрал - саймандар және материалдар. Сынақтарды жүргізу үшін келесілер қолданылады:

- ВЛТЭ-2200 зертханалық таразы,
- жұмыс кеңістігіндегі температураны реттейтін (200–1100 °С) муфельді пеш,
- металл бюксалар немесе фарфор тиглдер,
- банкалар, қалақшалар, қысқыштар, қолғаптар.
- кеннің кептірілген сынамалары (эксикаторда).

1.11.4 Сынақтар жүргізу [8]. 20–30 г бокситтің немесе қоңыр темір тастың (эксикатордан алынған құрғақ) екі өлшендіні дайындап және оларды тигельге салу керек.

Өлшенді сынамаларды муфельге салып, 400 °С температураны реттегішпен орнатып және пешті қосу қажет. Белгіленген температураға жеткенде, 10 минут осы температурада ұстау керек, содан кейін бір тигельді алып тастап, салқындатуға қойыңыз. Екінші тигельге 600 °С температура режимін орнатыңыз. Сондай-ақ, осы температурада 10 минут тұрғызып, содан кейін алып және салқындатыңыз.

Салқындағаннан кейін біз күйдірілген кендердің массасын анықтаймыз және журналға 1.12-кестеде жазылады.

Күйдіру дәрежесі келесі формула бойынша анықталады:

$$\eta = (m_0 + m_i) / \Delta m_T \cdot 100\%, \quad (1.30)$$

мұндағы m_0 – күйдіруге дейінгі құрғақ үлгінің массасы, г;

m_i – T_i температурада күйдіргеннен кейінгі үлгінің массасы, г;

Δm_T – 100% күйдіру кезінде теориялық массаның жоғалуы.

1.12-кесте – Күйдірудің көрсеткіштерін енгізу журналы

Материал, күні					
Тәжірибе №	T, °C	m ₀ , г	m _i , г	Δ m _T , г	η, %

Δm_T анықтау үшін кеннің химиялық анализін оның құрамындағы гидратты ылғал, көмірқышқыл газының – ұшпа заттарының мөлшерін білу қажет.

Мысалы: Қостанай облысы Лисаков кен орнының құрғақ қоңыр теміртас кенінің химиялық құрамы, % 1.13-кестеде көрсетілген.

1.13-кесте – Қостанай облысы Лисаков кен орнының құрғақ қоңыр теміртас кенінің химиялық құрамы, %

Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	H ₂ O хим	Примеси	Σ
25,0	4,0	5,5	1,3	13,0	1,2	100

Мұнда H₂O_{хим} – гидратты ылғал, гетит және гидрогетит минералдарына енеді, бұл жағдайда кенді байыту үшін ылғал жойылады, яғни % H₂O_{хим} = Δm_T при m₀ = 100 г.

Демек, осыдан сыналатын сынама массасының теориялық азаюы:

$$\Delta m_T = m_0 \cdot H_2O_{\text{хим}} / 100, \text{ г} \quad (1.31)$$

Химиялық зертханалардың кейбір анализдерінде T = 1000° C дейін қыздырылған пеште кенді күйдіру кезінде анықталған ККШ - шығындар келтіріледі, алыс шама Δm_T ретінде пайдаланылады, оған тек H₂O_{хим} ғана емес, сонымен қатар басқа да ұшпа заттар кіреді.

1.11.5 Қауіпсіздік шаралары. Сынақ жүргізер алдында электр жабдықтарының жарамдылығына көз жеткізу керек. Күюдің алдын алуы үшін муфельден тигельдерді орнату және алу үшін қолғаптарды, киіз қолғаптар және қысқыштарды пайдалану қажет.

Бақылау сұрақтары

1. Шикізатты тотықтырып күйдірудің мақсаты не?
2. Сидеритті күйдірудің химиялық реакциялары?
3. Не үшін гидратты ылғалды жою қажет?

2 Кен шикізаты мен техногенді қалдықтардың ұсақ фракцияларын кесектеу бойынша зертханалық жұмыстар

2.1 Кен материалдарының елемінен шекемтастар жасау. Зертханалық жұмыс № 1

2.1.1 Жұмыстың мақсаты. Шекемтастарды өндіру технологиясын меңгеру. Түйіршіктегіштің (гранулятордың) тиімді жұмыс режимін (көлбеу бұрышын, айналу жылдамдығын) анықтауды үйренеді.

2.1.2 Жалпы мәліметтер [9]. Темір кендерінің байыту концентраттары және металлургиялық қалдықтардың елемендері түйіршіктердің (бөлшектердің) өте аз мөлшерімен (50-70 микрон және одан төмен) ерекшеленеді. Соңғы кездері байытуға кедей кендер кеңінен пайдаланылуда, сондықтан металлургиялық шикіқұрамдағы темір кені концентраттарының үлесі жыл сайын артып келеді. Шекемтастардың агломератпен салыстырғанда бастапқы беріктігі жоғары, сондықтан алыс қашықтыққа тасымалдауға жарамды бұл ұсақ түйіршікті темір кен материалдарынан шекемтас өндірудің өндірістік тәжірибесінің дұрыс екенін көрсетті.

Тотыққан шекемтастарды қазіргі заманғы кесектеу фабрикаларындағы өндірісі екі кезеңнен тұрады: түйіршіктерді қалыптастыру («шикі» шекемтастарды өндірісі) және оларды жоғары температуралы беріктендіру (күйдіру).

Шикі шекемтастар белгілі бір дәрежеде ылғалданған жұқа дисперсті темір кен материалын дөңгелектеу кезінде пайда болады. Өте үлкен бетті, беттік энергиясы бар кез-келген ұсақталған материал бөлшектерін үлкейту термодинамикалық қажеттілігімен ерекшеленеді.

Ылғалданған темір кенінің ұнтағы сумен қарқынды әрекеттесуімен сипатталатын гидрофильді дисперсті жүйелерге жатады. Мұндай жүйеде энергияны азайтуға деген ұмтылыс фазалық шекарадағы беттік керілудің мөлшерін азайту арқылы (бөлшек сумен әрекеттескенде) және бөлшектердің іріленуі арқылы (олардың ілінісуі нәтижесінде) жүзеге асырылады. Сонымен , «дисперсті темір кен материалы – су» жүйесі кесектелуге ұмтылады.

Бөлшектердің ілінісу күштерін формула бойынша бағалауға болады [9]:

$$F = k \cdot S \cdot \rho \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} \quad (2.1)$$

мұндағы F – ілінісу күштері;

S – дисперсті материалдың меншікті беті;
 ρ – материалдың тығыздығы;
 ε – қабаттың кеуектілігі;
 k – бөлшектердің пішінін, олардың үлгіге салыну сипатын, материалдың гидрофильділігін ескеретін коэффициент

Бөлшектердің ілінісу мен шикі шекемтастардың беріктігін анықтайтын [10] деректері бойынша маңызды фактор темір кені концентратының бастапқы меншікті бетінің шамасы болып табылады. Соңғысы концентраттың гранулометриялық құрамымен байланысты. Ұсақ фракциялардың үлесі неғұрлым көп болса, концентраттың меншікті бетінің мәні соғұрлым жоғары болады.

Қазіргі уақытта 74 микроннан аз фракцияның үлесі 25% – дан, 44 микроннан аз фракциялар 75-90% – дан, ал 28 микроннан аз фракциялар 60-80% – дан артық болуы керек деп қабылданды.

Кесектеуге үлкен әсер ететін тағы бір фактор-шикіқұрамның ылғалдылығы, ал шикі шекестастардың беріктігінің шикіқұрамдағы судың мөлшеріне тәуелділігі өте жоғары. Шикіқұрамның оңтайлы ылғалдылығы темір кені концентратының қасиеттеріне байланысты. Әр түрлі материалдар кесектелудің әр түрлі қабілетімен ерекшеленеді, кесектелу көрсеткішімен K бағалаймыз

$$k = \frac{W_{mmB}}{(W_{mkB} - W_{mmB})}, \quad (2.2)$$

мұндағы W_{mmB} – қысым өзгерген кезде шикіқұрам ылғалдылығы өзгермейтін және берік байланысқан су қабатының максималды қалыңдығымен бірдей жағдайға сәйкес келетін материалдың максималды молекулалық ылғал сыйымдылығы;

W_{mkB} – материалдың капиллярлық қанықтылығына сәйкес келетін максималды капиллярлық ылғал сыйымдылығы.

K - көрсеткішінің сандық мәндері 0-ден 1-ге дейін өзгереді. Жентектелу концентраттың кесектелуге бейімділігін ғана анықтайды және кесектеудің қабылданған технологиялық режимінің әсерін көрсетпейді.

Материалды кесектеген кезде бөлшектер пластикалық жүктемелерге ұшырайды. Оларды су қоспасының кеуек суспензиялары және материалдың ең ұсақ фракциялары ретінде қабылдайды, олар ерекше коагуляция құрылымдарын құрайды және бөлшектерге жабысқақ әсер береді.

Кеуекті суспензиясының қасиеттерін жақсарту барлық жағдайларда қолданылатын байланыстырғыш қоспалар болып табылады. Бентонит өндірісте байластырғыш зат ретінде ең көп таралған, ол 0,5–1,0 % мөлшерінде кесектеудің алдында шикіқұрамға қосылады. Бентонит негізінен монтмориллониттен $(Al \cdot Mg)_{2-3}(OH)_2(Si_4O_{10}) \cdot nH_2O$ және оған жақын минералдардан тұрады. Ылғалданған кезде бентонит суды қарқынды сіңіреді және өте дамыған беті бар гельдер түзеді, бұл шикіқұрамның кесектелу процесін едәуір күшейтеді.

Өнеркәсіпте шекемтастар барабанды немесе табақшалы түріндегі кесектегіштерде дайындалады. Шекемтастардың пайда болуы ұсақ бөлшектердің кесектегіштің бетіне жайылған түйіршіктердің дымқыл бетіне домалау нәтижесінде пайда болады.

Барабан ұзындығы мен диаметрі $Z : D = 2-3$ арасындағы қатынасы бар цилиндрлік түтік болып табылады.

Барабан екі құрсауымен екі жұп роликке тіреледі, олардың біреуі жетек. Барабанның ішінде саңылаулары бар су құбыры бар, ол арқылы ағын су қысыммен ағып кетеді, бұл шикіқұрамның кесектелуге қажетті ылғалдануын қамтамасыз етеді. Барабан бойында орналасқан бекітілген «пышақ» қабырғаға жабысқан концентрат қабатының тұрақты қалыңдығын қамтамасыз етеді, бұл кесектелу жағдайларын жақсартады. Барабанның көкжиекке қарай көлбеу бұрышы $2-6^\circ$ құрайды. Кесектеу бұрышы мен түйіршіктегіштің айналу жылдамдығын реттей отырып, кесектеу режимін оңтайландыруға қол жеткізіледі.

Тәрелкелі немесе табақшалы грануляторлар – бұл көкжиекке көлбеу оське бекітілген ернеуі бар шойын немесе болат диск. Кесектеу режимі табақшаның көлбеулігін, оның айналу жылдамдығын және қажет болған жағдайда ернеудің биіктігін өзгерту арқылы орнатылады.

2.1.3 Жабдықтар, құрал-саймандар және материалдар. Сынақтарды жүргізу үшін келесілер қолданылады:

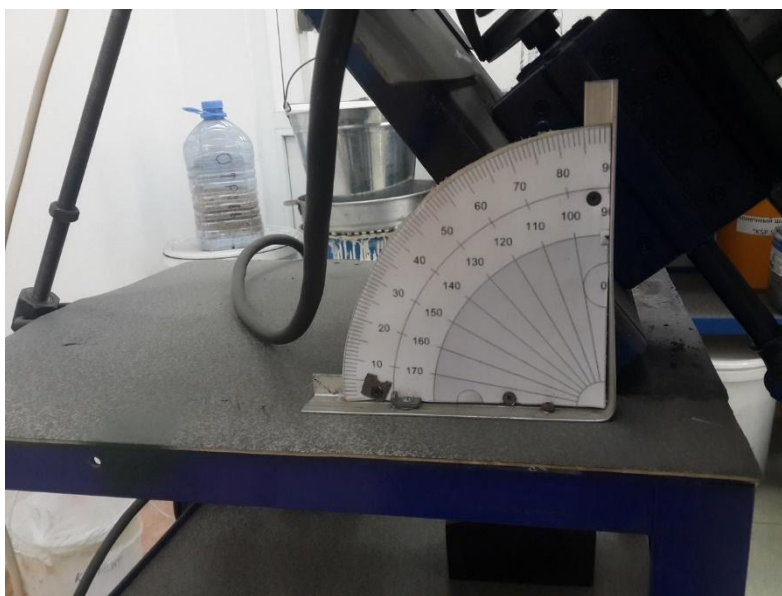
- Табақ тәрізді гранулятор (кесектегіш) 2.1-суретте көрсетілген, электрондық таразы;

- Қалақша, қаңылтыр таба, техникалық ыдыс (1–5 литр), қолқап, респиратор, қорғаныш көзілдіріктер;

- Бөтелке ыдысындағы байланыстырғыш сұйықтық 1 л.



2.1-сурет – Табақшалы кесектегіш



2.2-сурет – Табақшалы кесектегіштің көлбеу бұрышы

2.1.4 Жұмысты жүргізу тәртібі (металлургия кафедрасының зертханасы кабинет 130/2). Оқытушының нұсқауы бойынша студенттер диаметрі 600 мм грануляторда әртүрлі шикіқұрамнан (әртүрлі іріліктегі концентраттар, шикіқұрамның құрамындағы бентониттің әртүрлі мөлшері және т.б.) шекемтастар алынады. Түйіршіктегіштің жұмыс режимін (көлбеулік бұрышы, айналу жылдамдығы) оқытушы белгілейді. Алынған шекемтастар минус 6 мм, плюс 6 – 30 мм, плюс 30 мм фракцияларға електен өткізіледі. Режимнің тиімділігі кондициялық фракцияның шығуымен 6–30 мм анықталады.

Жұмыс нәтижелері 2.1-кесте түрінде ресімделеді.

2.1.5 Қауіпсіздік шаралары. Табақша тәрізді кесектегіштің жұмыс істеу кезінде қауіпсіздік ережелерін қатаң сақтау керек, оған сәйкес қандай да бір техникалық қызмет көрсетуге тыйым салынады, мысалы, кесектегіштің бөліктерін майлау, айналмалы ыдыстың бетінен материалдардың сынамаларын алу, сондай-ақ машинаның жүрісі кезінде табақтың көлбеу бұрышын өзгерту. Барлық жұмыс түрлері гранулятор толық тоқтағаннан кейін ғана жүргізілуі керек.

2.1-кесте – Эксперименттердің нәтижелері

Шикіқұрам құрамы, %			Білгалдылық, %	Кесектегіштің көлбеу бұрышы, град	Табақшаның айналу жылдамдығы, айн / мин	Кесектегіштің жұмыс уақыты, мин	Шекемтастар фракциясының шығымы, мм		
Концентрат	Флюстер	Байластырғыш					-6	6-30	+30

Бақылау сұрақтары

1. Шекемтастарды дайындау кезінде шикіқұрамның кесектелуіне қандай факторлар әсер етеді?
2. Шикі шекемтастар өндірісінде қандай аппараттар қолданылады?
3. Циркуляциялық жүктеме дегеніміз не?
4. Шикі шекемтастар қандай талаптарға сай болуы керек?
5. Шикі шекемтастардың соңғы өлшемдерін не реттейді?

2.2 Шикі шекемтастардың беріктігін анықтау. Зертханалық жұмыс № 2

2.2.1 Жұмыстың мақсаты. Шекемтастардың беріктік сипаттамаларын анықтауды үйрену. Шекемтастарды кептірудің тиімді режимін анықтауды үйренеді.

2.2.2 Жалпы мәліметтер [10, 11]. Шикі шекемтастарды күйдіру агрегаттарына тасымалдау кезінде бұзылып кетпеуі үшін жеткілікті механикалық беріктікке ие болуы тиіс. Әдетте тасымалдау кезінде шикі түйіршіктермен сыналатын статикалық және динамикалық жүктемелер сығымдау және биіктіктен түсіргіш сынақтарымен модельденеді.

2.2.3 Жабдықтар, құралдар мен материалдар

- Муфельді пеш;
- Баспак (пресс) (10 т);
- Шикі шекемтастарды түсіргішке арналған қондырғы;
- Қаңылтыр табақ, шикі және құрғақ шекемтастар;
- Банкалар, қалақтар, қысқыштар, қолғаптар.

2.2.4 Сынақтарды жүргізу тәртібі. Сығымдауға сынау шекемтас деформацияланатын немесе бұзылатын күшті анықтау мақсатында шекемтасты қысу жолымен жүргізіледі. Диаметрі 9,5 мм болатын шекемтастар үшін сығымдаудың минималды кедергісі 0,9 кг/шекемтас болуы керек. Түсіргішке сынау кезінде шекемтастар 300 мм биіктіктен құлаған кезде кемінде 15 лақтыруға төзімді болуы тиіс.

Сынақтан 10 шекемтас өтеді, беріктігі орташа арифметикалық шамамен сипатталады. Дәл осылай кептірілген шекемтастардың беріктігін анықтай аламыз. Сынақтың өзіне тән ерекшелігі нәтиженің шикі шекемтастардың диаметріне тәуелділігі болып табылады. Сондықтан, шекемтастардың беріктігін бағалау кезінде оның өлшемін ескеру дұрыс.

Шикі шекемтастардың сығыуға беріктігін 2.3 және 2.4-суретте көрсетілген қондырғыда анықталады.

2.2.5 Жұмысты жүргізу тәртібі 1. Шикі шекемтастардың беріктігін анықтау үшін 10 дана мөлшерінде шекемтастар таңдалады, содан кейін барлық 10 дана кезекті түрде бір рет биіктіктен тасталады. Шекемтастар болат плитаға 300 мм биіктіктен лақтырылады. Шекемтастың бұзылмай төтеп бере алатын құлау санын бақылау қажет. Бұл параметрді дәлірек анықтау үшін 20 шекемтас қолданылды. Сынақ көрсеткіштерін бәрін қосып, орташа мәнін анықтауы керек.

Сынақ кезінде шикі шекемтастар кемінде 15 рет тастауға (лақтыруға) төзуі тиіс [10-14]. Эксперименттер жүргізілгеннен кейін нәтижелері журналға 2.2-кестеге жазылды.

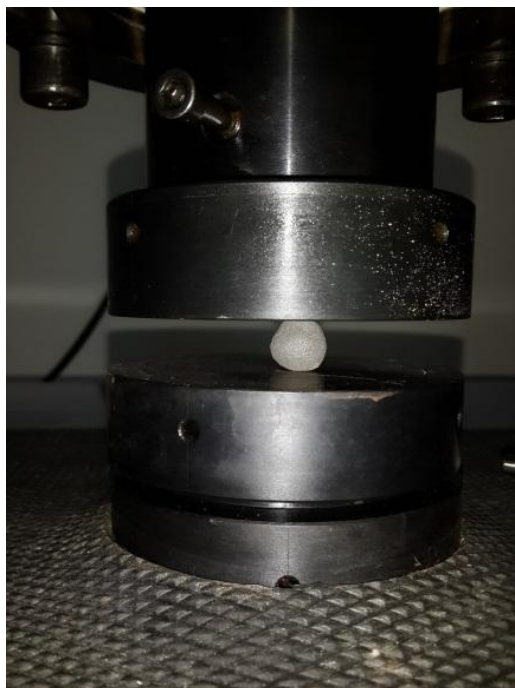
2.2-кесте – Эксперименттер нәтижелері

шекемтас партиясының №	Тастау (лақтыру) саны, дана



2.3-сурет – Әмбебап WDW-200 сынақ машинасы

2.2.5 Жұмысты жүргізу тәртібі 2. Оқытушы анықтаған шикіқұрамнан табақшалы гранулятордың берілген жұмыс режимінде шекемтастар партиясы дайындалады. Себу кезінде шекемтастардың фракциялары бөлінеді: 4–8 мм, 8–12 мм, 12–16 мм, 16–20 мм, 20–24 мм, 24 мм. Әрбір фракциядан 10 шекемтас іріктеледі және олардың 2.4-суретте көрсетілгендей сығымдаудағы жаншылу беріктігі 10 т қысым күшімен анықталады. Өлшеу нәтижелері «шекемтастың орташа өлшемі – жаншуға беріктігі» график түрінде ресімделеді.



2.4-сурет – Шекемтастың беріктігін анықтауға арналған орнатудың мысалы

Шикі шекемтастарды тастауға және жаншуға беріктігін анықтағаннан кейін кептірілген шекемтастардың беріктігі анықталады. Шекемтастардың белгілі бір партиясы таңдалады (0,5–1 кг), табақшаға салынып, муфель пешіне 2.5-суретте көрсетілгендей орналастырылады. Шекемтастардың әр партиясы белгіленген температураға бөлінеді, кептіру 100 °С-тан басталады. Кептіру 100, 200, 300, 400, 500 °С бір сағат ішінде жүргізіледі.

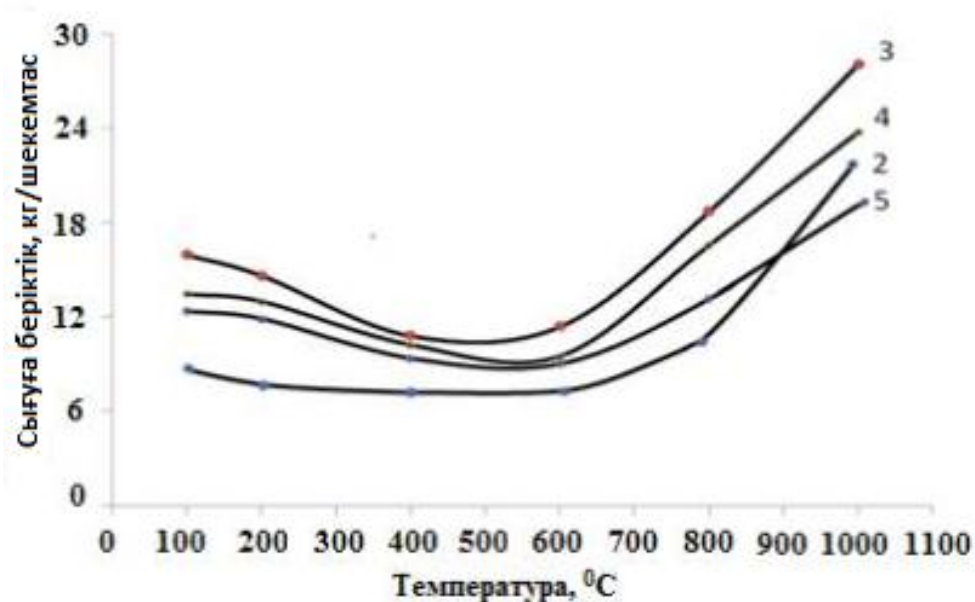


2.5-сурет – SNOL 6.7/1300 1 муфельді пеш

2.3-кесте – SNOL-6.7/1300 муфельді пешінің техникалық сипаттамалары

Номиналды қуаты, кВт:	2,4
Қоректендіру желісінің кернеуі, В:	220
Айнымалы ток жиілігі, Гц:	50
Фазалар саны:	1
Электр пешін салындысыз номиналды температураға дейін қыздыру уақыты, мин:	75
Температураны автоматты реттеу диапазоны, °С:	50–1300
Берілген жылу режиміндегі температураның тұрақтылығы,	+/- 2
Жұмыс камерасының өлшемдері, мм, ені×тереңдігі×биіктігі:	160×295×133
Габариттік өлшемдері, мм, ені×тереңдігі×биіктігі:	440×550×540
Массасы, кг:	35

Шекемтастарды күйдіру, кептіруге ұқсас, тек қана өзгешелігі 600, 700, 800, 900, 1000, 1100 °С температура өзгерген кезде сондай-ақ, бір сағат ішінде жасалады. Кептіруден және күйдіруден кейін салқындатылған (табиғи түрде) шекемтастар гидравликалық сығымдаудың көмегімен беріктікке сыналады. Зерттеу нәтижелері бойынша 2.6-суретте көрсетілгендей график құрылады.



2.6-сурет – Шекемтас беріктігінің кептіру және күйдіру температурасына тәуелділігі

Бақылау сұрақтары

1. Шикі шекемтастардың беріктігі қалай анықталады?
2. Тестілеу үшін қанша түйіршіктер таңдалады?
3. Өңделмеген түйіршіктердің беріктігі қандай мақсатпен анықталады?
4. Түйіршіктер қандай мақсатта кептіріледі?
5. Өңделмеген түйіршіктер қандай температурада кептіріледі?
6. Түйіршіктер қандай температурада күйдіріледі?
7. Кептіру мен түйіршіктерді күйдірудің айырмашылығы неде?

2.3 Агломерациялық қондырғы конструкциясын меңгеру. Зертханалық жұмыс № 3

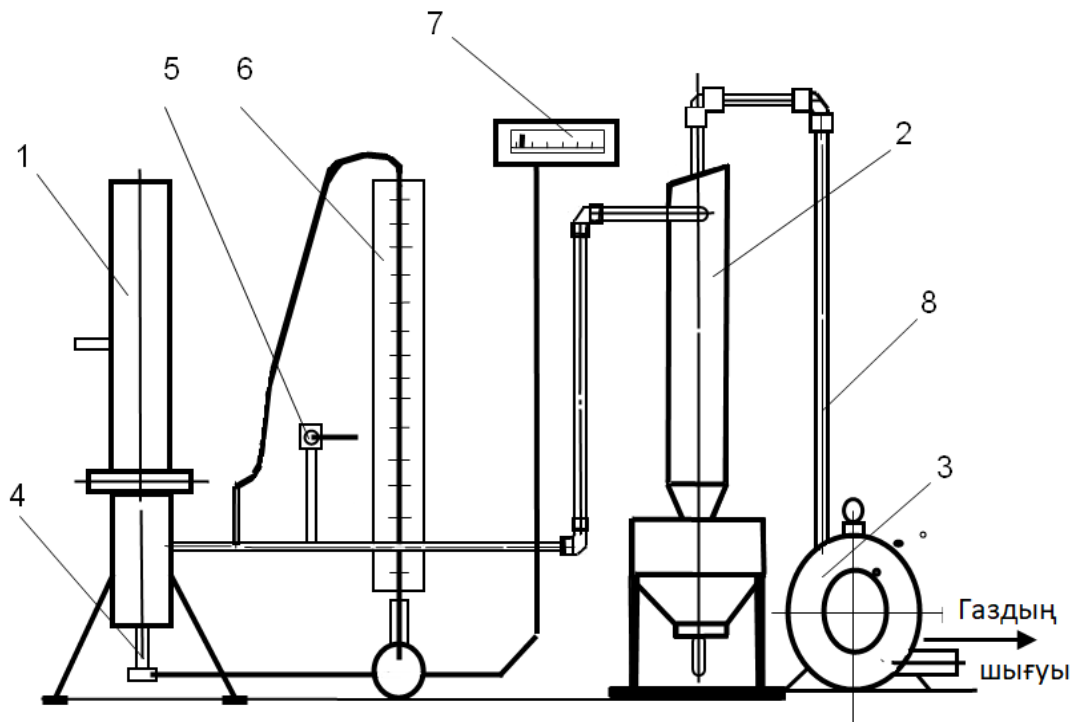
2.3.1 Жұмыс мақсаты: Агломерат алудың қарапайым технологиялық схемасымен практикалық танысу; агломерациялық зертханалық тостағанның құрылымын зерттеу.

2.3.2 Жұмысты жүргізу тәртібі. Жұмысты орындауға оқытушыдан нұсқаулықтар мен агломерат алудың қарапайым технологиялық схемасы туралы мағлұматтармен таныстырылғаннан және агломерациялық зертханалық тостағанның құрылымын меңгеру бойынша нақты нұсқаулар алғаннан кейін ғана кірісуге болады.

2.3.3 Қондырғы сипаттамасы. Зертханалық агломерациялық тостаған Торайғыров универистетінің «Металлургия» кафедрасының зертханасында (Б-130) орнатылған. Қондырғы төменгі 2.7 және 2.8-суретте көрсетілгендей негізгі бөліктерден тұрады:

- Агломерациялық тостаған;
- Шаң тұтқыш (ұстағыш) (циклон);
- Сорғыш желдеткіш (экспаустер);
- Термопара (ХА, ПР);
- Шиберлік ысырма;
- Сұйық манометр;
- Температураны тіркеуші (екі арналы);
- Газ құбыры.

Зертхананың иелігінде ішкі диаметрі 100 мм цилиндр пішінді бір агломерациялық тостаған бар. Тостаған қабырғаларының биіктігі биіктігі 500 мм дейін қабатты шикіқұрамды күйежентектеуге мүмкіндік береді. Болаттан жасалған тесік диаметрі 5 мм отық торы.



1 – агломерациялық тостаған; 2 – шаң жинағыш (циклон); 3 – сорғыш желдеткіш (экспаутер); 4 – термopapa XA; 5 – Шибepлi жапқыш; 6 – сұйықтықты манометр; 7 – потенциометр; 8 – газ құбыры.

2.7-сурет – Агломерациялық зертханалық тостағанның схемасы

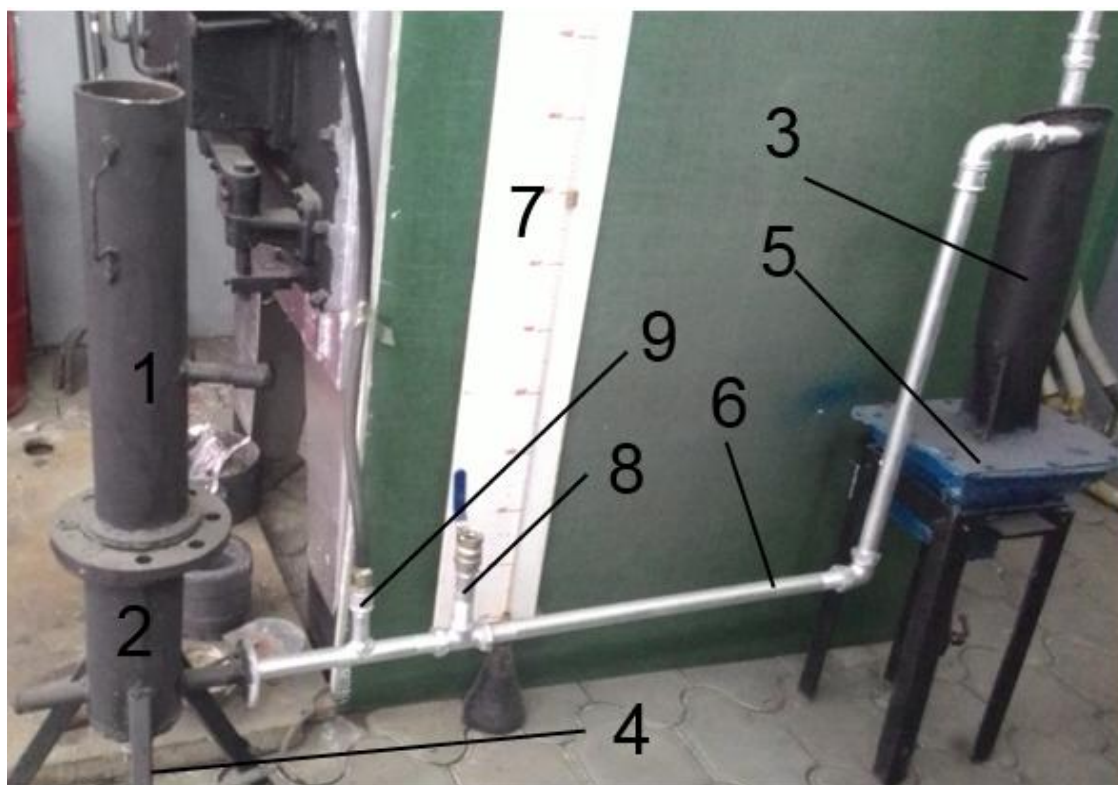
Агломерациялық тостағанның биіктігі бойынша және оның түбінде шикіқұрамның жентектелген қабатының әртүрлі горизонттарында сиретілуі және температураны өлшеу, сондай-ақ газ сынамаларын алу үшін пайдаланылатын штуцерлер бар.

Вакуум - камераға жану өнімдерін сору тостағанның оттық торының астынан өту арқылы жүргізіледі. Агломератты түсіру кезінде агломерациялық тостағанның аудару қолмен жүргізіледі. Тостаған мен вакуум-камераның арасына суға малынған асбест төсемі салынады.

Шаңнан шығатын газды алдын ала тазалау циклон түріндегі шаң жинағышта жүзеге асырылады, оның негізгі параметрлері цилиндрлік бөліктің диаметрі мен биіктігі сәйкесінше 105 және 600 мм құрайды. Қажет болған жағдайда, майда шаңды ұстап алу үшін циклон шаң жинағышынан кейін «ЧШ» жүннен жасалған бірнеше сүзгіш қапшықтары бар шаң жинағышты орнатуға болады. Қаптардың жалпы ауданы $\sim 4 \text{ м}^2$ болуы мүмкін.

Қондырғы жоғары қысымды вакуумдық сорғымен (ВВН-1-1,5) жабдықталуы мүмкін. Вакуумдық сорғы газқұбыры желісінде 2.9-суретте көрсетілгендей орнатылған. ВВН-1-1,5 вакуумдық сорғыны орнатқан кезде аглотостағанның оттықтың тор асытнда 2000 мм су бағанасына дейін сиретілуді жасауға қабілетті.

Іс жүзінде тәжірибеде (АФЗ) [15] диаметрі 205 және 410 мм болатын тостағандағы бірдей шикіқұрамды күйежені тектеу кезінде желдеткіштер шығаратын максималды вакуум сәйкесінше 400 және 1600 мм су бағанасын құрайды.



1 – агломерациялық тостаған; 2 – Вакуум-камера; 3 – шаң жинағыш (циклон); 4 – Термопара ХА; 5 – Бункер-жинағыш; 6 – газ құбыры; 7 – сұйықтықты манометр; 8 – Шиберлі жапқыш; 9 – Штуцер.

2.8-сурет – Агломерациялық зертханалық тостаған



1 – ВВН-1-1,5 сорғы; 2 – газдарды сору; 3 – су желісі; 4 – өлшеу аппаратурасы.

2.9-сурет – ВВН-1-1,5 вакуумдық су сақиналы сорғы

Газ құбыры сыртқы диаметрі 25 мм болатын тұтас созылған болат құбырдан жасалған. Қондырғының бақылау-өлшеу аппаратурасы келесілерден тұрады:

- Шығатын газдың температурасын өлшеуге арналған хромель-алюмелді термопаралары, термопаралар дәнекері газ құбырының ортасына орналастырылған;
- Шикіқұрам қабатының ішіндегі температураны өлшеуге арналған вольфрам-рений термопарасы;
- Бақылау-өлшеу аспабы (екі арналы температураны тіркеуші);
- Жану өнімдерінің мөлшерін анықтауға арналған шаң тұтқыштар мен желдеткіштер және су манометрі.

Бақылау сұрақтары

1. Кен шикізатын кесектеудің қандай әдістері бар?
2. Агломерациялық кесектеу қандай әдісіне жатады?
3. Зертханалық тостаған қандай өндірістік процесті модельдейді?
4. Циклонның мақсаты?
5. Шиберлі қақпақтың мақсаты?

6. Агломерация кезінде қандай термопаралар қолданылады?
7. «Төсем» қандай мақсаттарда қолданылады?
8. Оттық торлары қандай материалдан жасалған?
9. Аглотостаған корпусындағы штуцер не үшін қажет?
10. Эксгаутердің жұмыс принципі?

2.4 Ұсақ кен материалдары мен металлургиялық қалдықтарды агломерациялау. Зертханалық жұмыс № 4

2.4.1 Жұмыс мақсаты: агломерациялық процесті меңгеру және орындау.

2.4.2 Жабдықтар, аспабтар мен материалдар.

- Агломерациялық қондырғы;
- Тарелка тәрізді гранулятор;
- Электрондық таразы;
- Газ жанарғысы ;
- - Шелектер, қаңылтыр табалар, күрекшелер, қолғап-қалың қолғаптар, респиратор, қорғаныс көзілдірігі және маска;
- Кенді ұсақтары немесе металлургиялық қалдықтар, кокс, қайтарым, флюстер және т. б.

2.4.3 Жұмысты жүргізу тәртібі. Шикіқұрамның құрамы оңтайлы ылғалдылықты анықтау кезінде агломераттың қандай да бір дәрежедегі флюстеу есебінен алынады:

- флюстелінбеген: 15–25 % қайтарым; 5–10 % кокс (құрғақ шикіқұрам салмағынан); 10–15 % сулар; қалған бөлігі 10–0 мм фракцияда кен ұнтағы.

- флюстелінген: 5–20 % әктас (доломит); 20–35 % қайтарым ; 5–10 кокс (құрғақ шикіқұрам салмағынан); 10–15 % су; қалған бөлігі 10–0 мм фракциялы кен ұнтағы.

2.4.3.1 Араластыру және кесектеу. Шикіқұрамды араластыру және кесектеу барабанда (немесе тарелкелі түйіршіктегіш) жүргізіледі. Өлшенген шихта: кен, кокс, қайтарма, флюстер тарелкелі грануляторға тиеледі. Құрғақ шихтаны араластыру уақыты 2 мин. Кесектеу уақыты 3 мин. шихтаны араластыру кезінде 2 мин. шихтаны есептеуге байланысты грануляторға алдын ала дайындалған техникалық су (10–15 %) беріледі. Сондай-ақ, ылғалдандыру дәрежесін көзбен анықтауға болады, ең бастысы, шихта балшық тәрізді пішінді қалыптастырмауы қажет. Ылғалданғаннан және кесектегеннен кейін шихта арнайы қаңылтырға түсіріледі. Осыдан кейін ол ылғалданған шихтаның салмағын өлшеніп, кестеге жазады.

Шихтаны жүктеу алдында вакуум-камералар мен тостағанның арасына ылғалданған асбест үгіндісі немесе асбест сымы салынады. Осыдан кейін тостаған вакуум камерасына орнатылады.

Шихтаны аглотостағанға жүктемес бұрын, соңғысында барлық тәжірибелер үшін тұрақты қабырға температурасы және оттық торлары болуы керек, бұл жентекті түсіргеннен кейін оларды сумен салқындату арқылы қол жеткізіледі. Бұл барлық тәжірибелерді тұрақты жағдайда өткізуді қамтамасыз етеді. Шихтаны тостағанға салу алдында отық торына қалыңдығы 15–20 см біркелкі қабатпен келесідей санмен төсем салынады: Ø 100 мм–0,5 кг тостаған үшін.

Төсем химиялық талдау үшін сынаманы бөлшектегеннен кейін қалған агломератты ұсақтау арқылы дайындалады.

Ол үшін жарамды агломерат бөлінгеннен кейін алынған ірілігі 0–10 мм қайтарым (2 м биіктіктен болат плитаға тасталғаннан кейін < 10 мм) діріл елегінде немесе қолмен (електен) жоғарыда көрсетілген 3 классқа бөлінеді. Бұл кластардың жетіспейтін саны барабанда сыналғаннан кейін ұсақ агломераттың тиісті кластарымен толтырылады.

Қождалған агломератты алу тәжірибесін жүргізу кезінде қождалмаған агломератты жентектеу кезінде алынған қайтарымды пайдалануға болмайды. Ол үшін тиісті шихтаны қайтару үшін арнайы күйежентектеу жүргізу қажет.

2.4.3.2 Шикіқұрамды жүктеу. Жентектелетін материалды тостағанға жүктеу қолмен қалақшамен салу арқылы жүргізіледі, онымен шихта тостағанның қимасы бойынша біркелкі тарап төгіледі. Шихтаны аглотостағанның ортасына салуға болмайды, өйткені бұл ретте шихтаның ірі бөліктері тостағанның қабырғаларына домалап жиналады, бұл жерде жақсы газ өткізгіштігі бар аймақ қалыптасып, шет жақтарында жентектелудің қарқынды жүруіне әкеледі.

Шихтаны жүктеу аяқталғаннан кейін аглотостағандағы шихта қабатының берілген биіктігіне сәйкес келетін арнайы шаблонмен мұқият тегістеледі. Артық шихта қалақшамен алынады (кесіледі). Тостағанға салынған шихтаның мөлшері шихтаның ыдыспен бастапқы және соңғы мәндерінің айырмасы бойынша анықталады.

Жүктеуді бір орындаушы (студент, магистрант) жүргізуі тиіс. Тостағанға күйежентектеу процесінің көрсеткіштеріне сәйкес жүктеу әдістеріне уақтылы өзгерістер жасап оытруы қажет (егер ортасында жентектелмесе, мысалы, олар қабырғаға шихтаны тығыздауды жасауға тырысады, бұл жүктеу кезінде аглотостағанның орталығымен салыстырғанда қабырғадағы шихтаның жоғары деңгейін ұстап тұру

арқылы қол жеткізіледі). Тостағанға жүктелген аглошихтаның биіктігі сызғыштың көмегімен өлшенеді және журналға жазылады.

Тұтату қоспасы шихтаның тегістелген бетіне салынады, ол 0–5 мм кокс пен ағаш үгінділерінен дайындалады, олар тұтану қоспасының қабатының газ өткізгіштігін жақсарту үшін сәл ылғалданған. Кокс пен ағаш үгінділер қоспасы қалақшамен тегістеледі, содан кейін оған ағаш жоңқалары қабаты салынады.

Тұтануға арналған кокс пен үгінділердің саны шихтаның жоғарғы қабатын жағу тәжірибесімен анықталады. Қождалмаған агломераттар үшін тұтандырғыш қоспадағы кокс мөлшері шихта салмағының шамамен 1% - ын құрайды; қождалған агломераттарды өндіру кезінде біршама көп болуы мүмкін (шихтаның қождау дәрежесіне байланысты).

2.4.3.3 Аглоқондырғыны іске қосу және жентектеу процесін жүргізу.

Шихтаны тостағанға жүктеуден кейін және барлық дайындық жұмыстарын жүргізіп болған соң газ жанарғысының көмегімен ағаш үгіндісінің қоспасын жағу жүргізіледі және эксгаустерлер (ВВН-1-1,5 вакуумдық сорғы) іске қосылады, ал сирету шибер бекітпесімен реттеледі және 200–300 мм су бағынасымен орнатылады. 2–3 минуттан кейін, оттықтың тор астына үнемі сирету орнатылса, 1000 мм су бағанасына дейін шибер жапқышы біртіндеп жабылады (ауаны тұтанғанға дейін сору, әсіресе қабаттың жоғарғы бөлігіндегі шихтаның ылғалдылығын төмендететінін есте ұстаған жөн).

Тұтандырғыш қоспа астындағы шихта бетіндегі термопараның (ВР) ыстық дәнекерімен көрсетілген температураның максималды мәніне жеткен сәті жентектеудің бастапқы кезеңі болып қабылданады, Бұл ең дәл, бірақ күрделі әдіс және оны ең маңызды тәжірибелер кезінде ғана қолдану ұсынылады.

Күнделікті жұмыста жентектеу процесінің басталуы келесідей анықталады: тұтанғаннан кейін қысқа уақыт өткеннен кейін (15–20 сек) шихтаның бүкіл беті біркелкі жанады, оттық торының астындағы сирету күрт артады, жарылу жағдайына тән сипаты естіледі. Тұтану кезінде оттық торының астындағы максималды сиретудің сәтін жентектелудің басталуы ретінде қабылдауға болады немесе бұл жентектің үстіңгі бөлігінде сұйық фазаның пайда болуына сәйкес келеді.

Күйежентектелу процесінің аяқталуы бөлінетін газдардың ең жоғары температурасымен және вакуумның күрт төмендеуі арқылы анықталады. Бұл жану аймағы оттық торына дейін жеткендігін білдіреді және қызып тұрған жану өнімдері өз жолында суық шихтаға

жанаспай, жылуды беруі мүмкіндігі, ең жоғары температурасымен сіңіріледі. Шығатын газдың температурасы аглотостағанның қуыс штуцеріне салынған хром-алюмельді термопарамен өлшенеді.

Бөлінетін газдардың температурасының жоғарылауымен қатар, оттық торының астындағы вакуумның айтарлықтай төмендеуі байқалады, өйткені бұл жағдайда ауа газды жақсы өткізетін агломерат арқылы сұйық фазаның кедергісіне тап болмай сорылады. Осыдан, оттық торының астындағы вакуумның бір рет түскенінен күйеженің тектеудің аяқталғанын жеткілікті дәлдікпен анықтау мүмкін емес.

Агломерациялық тостағанның осі бойымен шихтаны төсемнен бөлетін горизонттағы максималды температураға жету сәті күйеженің тектеудің аяқталуының көрсететін сенімді көрсеткіші болып табылады. Бұл жағдайда температура вакуум камерасының түбіне штуцер арқылы салынған ХА-термопарамен өлшенеді. Термопараны тостағанның қабырғасы арқылы орнату қабаттағы температураны максимумға дейін өлшеу процесін қате көрсетуі мүмкін (күйдіру кезінде жану аймағының қисаюуына байланысты).

Күйеженің тектеу процесін бақылау өлшеу және тіркеу арқылы келесі параметрлерді жентектеу басталғаннан кейін әрбір жарты минут немесе минут сайын жүзеге асырылады:

- Бөлінетін газдардың температурасы;
- Оттық тор астындағы сиретуді мм. су бағанасымен су манометрімен өлшеу;
- Су манометрінің көмегімен қысымның төмендеуін өлшеу;
- ХА-термопара көмегімен өлшенетін вакуум-камерадағы газдардың температурасы.

Көрсетілген шамалардан басқа кейбір тәжірибелерде (жауапты орындаушының нұсқауы бойынша) шихта қабатының әртүрлі горизонттарында сирету мен температураны өлшеу жүргізіледі, сондай-ақ газды талдау үшін сынама алу жүргізіледі. Әрбір жағдайда осы шамаларды өлшеу жиілігі ерекше келісіледі.

Жентектеу кезінде циклонды шаң жинағышын, онда шихтаны жоңқамен тұтату кезінде пайда болатын шайырды және шихтадан газ алып кеткен ылғалды конденсациялау мақсатында салқындату міндетті. Өйткені, шайыр диафрагма мен эксгаустерлердің қалақшаларына конденсацияланып, соңғысының сипаттамаларын өзгертеді.

Күйеженің тектеу аяқталғаннан кейін су өшіріліп (жабылып), эксгаустер орнатылады. Шибер жапқышы ашылады. Жентек биіктігі шөгу биіктігін анықтау үшін жазылады.

2.4.3.4 Агломераттан жентекті түсіру және оны бөлшектеу. Шығарылған газдардың температурасы төмендей бастағаннан 2 минут өткен соң, эксгаустерлер өшірілген кезде, тостаған қолмен аударылып, агломерат жентегі темір қаңылтырға түсіріледі. Жентектеу өнімі электрондық таразыда өлшенеді және журналға жазылады.

2.4-кесте – Күйежентектеу процесінің көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Тәжірибе №		
	1	2	3
Кокс құрамы К, %			
Қайтарым құрамы В, %			
Флюстың құрамы Ф, %			
Ылғал құрамы W, %			
Ылғалданған шикіқұрамның салмағы G _ш , кг			
Жүктелген шикіқұрамның биіктігі Н, мм			
Күйежентектеу уақыты $\tau_{\text{сп}}$, мин			
Шөгу биіктігі h _{yc} , мм			
Газдың максималды шығу температурасы t _{вг} , °С			
Күйежентектелген қабаттағы температура t _{сп} , °С			
Күйежентектеу жылдамдығы С, мм/мин			
Күйежентектеу кезінде салмағының жоғалуы П, %			
Көлемді салмақ V, т/м ³			
Өнімділік Q, т/м ² ·час			
Қайтарым балансы Б, %			
Барабанның беріктігі ГОСТ-15137-77 бойынша			
- Соқыға беріктік Х, %			
- Үйкелуге беріктігі Х ₁ , %			
Жарамды агломераттың шығуы ВГ, %			

2.4.5 Күйежентектеу нәтижелерін өңдеу. Күйежентектеу нәтижелерін өңдеу кезінде келесі шамалар есептеледі:

Күйежентектеу жылдамдығы С, мм/мин.

$$C = \frac{H}{\tau} \text{ мм/мин} \quad (2.3)$$

мұндағы Н – жентектелетін шикіқұрам қабатының биіктігі; мм;

τ – жентектелу ұзақтығы, мин.

Әрбір тәжірибе үшін орташа сирету (Р_{ср}) мм су бағанасымен әр жарты минут сайын сиретілуді өлшеген жағдайда:

$$P_{cp} = \frac{\sum P^{\tau}}{2 \cdot \tau + 1} \quad (2.4)$$

мұндағы $\sum P^{\tau}$ – тәжірибе кезінде сиретілу сомасы, мм.су. ст.
 $2\tau+1$ – өлшеулер саны (τ – мин-дегі жентектеу ұзақтығы).

Жентектеу кезінде массаның жоғалуы (Π , %)

$$\frac{Q' - P_{cn}}{Q'} 100\% = \Pi\% \quad (2.5)$$

мұндағы Q' – жүктелген шикіқұрам мен төсемнің салмағы, кг;
 P_{cn} – күйежентектелген материалдың салмағы, кг.

Агломераттың көлемдік салмағы (V), т/м³

$$v = \frac{P}{S(H - h_{yc})} \quad (2.6)$$

мұндағы P_{cn} – күйежентектелген материалдың салмағы кг;
 S – жентектеу ауданы м²;
 $H_{пир}$ – агломерат өнімінің биіктігі, в мм, где
 $H_{сл.ш}$ – шикіқұрам қабатының биіктігі, мм;
 h_{yc} – шөгу мөлшері, мм.

Агломерациялық қондырғының меншікті өнімділігі (т/м² · сағ):

$$q = \frac{P' \cdot 60}{S \cdot \tau_{cn} \cdot 1000} \quad (2.7)$$

мұндағы P' – жарамды агломераттың салмағы, кг;
 S – күйежентектелу ауданы, м²;
 τ_{cn} – күйежентектеу ұзақтығы, мин.

Ескертпе: кіші тостағанның күйежентектеу ауданы (Ø 100 мм) 0,007 м².

2.4.6 Қауіпсіздік шаралары:

- 1) жұмыс жетекшісінің рұқсатынсыз өздігінен жабдықтар мен аспаптарды іске қосуға тыйым салынады;
- 2) қондырғы жұмыс істеп тұрған кезде аспаптарға зақым келтірмеу және манометрді бұзбау үшін сақтық шараларын ұстану қажет;
- 3) агломерациялық тостаған жұмыс істеп тұрған кезде студент міндетті түрде респиратор, тор немесе мөлдір, қауіпсіз шыныдан жасалған көзілдірік, маска, қолына брезент қолқап немесе қалың қолқап киюі, сондай-ақ түймелері түймеленген арнайы жұмыс киімін киюі тиіс;
- 4) тұтандыру қоспасын тұтату кезінде студенттер қауіпсіз қашықтықта (2 м) болуы тиіс, себебі қатты жану орын алуы мүмкін, бұл күйікке әкелуі мүмкін;
- 5) тұтандырғыш қоспаны жетекшісі өз еркімен тұтатуға тыйым салынады;
- 6) өнімді түсіру кезінде студенттер абай болу керек, өйткені өнімнің температурасы 300 °C-тан асады. Өнімді тек жетекшінің қатысуымен түсіру қажет;
- 7) кен материалы мен агломерат өнімін ұсақтау кезінде студенттер абай болу керек, өйткені ұсақтау кезінде ұсақтағыштың ұсақтағыш бөлігінен кен материалының қатты бөлігі ұшуы мүмкін;
- 8) ұсатқышта жұмыс істеген кезде ұсату камерасы арнайы қақпақпен жабылуы тиіс, осыдан кейін ғана жабдық қосылады;
- 9) барлық жұмыстар қатаң түрде жетекшінің қатысуымен жүргізіледі.

Бақылау сұрақтары

1. «Агломерация» терминіне анықтама беріңіз.
2. Агломерациялық шикіқұрам негізгі компоненттерін атаңыз және оны күйежентектеуге дайындық кезеңдерін атаңыз.
3. Агломераттың жентектеу жылдамдығына әсер ететін факторлары қандай?
4. Агломератты жентектеу процесінде конденсация және аса ылғалдану аймақтары қандай себептермен пайда болады?
5. Агломерат құрылымын қалыптастыру кезінде пайда болатын негізгі физика-химиялық процестерді сипаттаңыз.
6. Аглошикіқұрамдағы отынның біркелкі таралуына қарамастан, агломераттың төменгі қабаты неге көбірек балқиды?
7. Неліктен қызыл және қоңырға қарағанда магниттік темір кендерін жентектеу кокс ұнтақтарының аз шығынымен жүреді?

8. Агломераттың сапасына қойылатын талаптар қандай?
9. Агломераттың беріктігін сынау әдістерін сипаттаңыз.
10. Аглошикіқұрам негізділігі агломераттың беріктігі мен минералогиялық құрамына қалай әсер етеді?

2.5 Түсіргіш беріктігін анықтау. Зертханалық жұмыс № 5

2.5.1 Жұмыс мақсаты: Кен материалдарының, агломераттың, шекемтастың 2 метр биіктіктен түсіргіш беріктігін анықтауды үйрену.

2.5.2 Негізгі ақпарат. Агломераттың беріктігі үлгіні сынаудан кейін ұсақ заттардың құрамын анықтай отырып, айналмалы барабанға түсіру және өңдеу әдісімен анықталады. Агломерат құймасының тастауын агломерациялау машинасының таспасыдағы тарсылға ұқсайды, ол салқындатқышқа, вагонға, содан кейін вагоннан металлургиялық (домна) цехтарының бункерлеріне, пеш қалталарына (ферроқорытпа) немесе вагон-таразы қалталарына, скипке, кіші және үлкен конустарға, ең соңында, пешке түседі.

Осы шамадан тыс жүктемелердің әрқайсысында құлау биіктігінен бастап және әртүрлі зауыттардағы саны әртүрлі болғандықтан, стандартты төрттен жоғары санын көбейтудің немесе тастау биіктігін 2 м немесе одан да көпке дейін арттырудың мағынасы жоқ. Беріктік туралы қажетті ақпаратты стандартты эксперименттік жағдайларда да алуға болады. Көптеген зерттеулер ұсақ фракциялардың негізгі бөлігі кесек шикізатта бірінші және екінші тастаудан кейін түзілетінін анықтады. Лабораториялық жағдайда тастауға жарамды агломераттың фракциялық құрамы 10-нан 40 кг-ға дейін ауытқиды [10, 11].

Түсіргіш құрылғысы 2300 мм. құрылғы болып табылады. Жоғарғы және төменгі бөліктерде симметриялы түрде биіктігі 300 мм контейнерлер орналасқан. Үстіңгі контейнер төменнен тасталатын плита есікте құлыптау тақтасымен бекітілген.

Тасталатын плита құлыптау құрылғысымен тығыз жабылған. Тасталатын плита мен болатты плитаның қалыңдығы 10 мм төменгі контейнерге тасталатын сынақ материалының арақашықты 2 м. Тасталатын плита мен жоғарғы контейнер қол шығыры көтергіш механизмі арқылы құрылғысы бағана бойымен қозғалады және төмендегі 2.10-суретте көрсетілген.

2.5.3 Сынақты өткізу үшін қолданады:

- түсіргіш, МемСТ 25471 сәйкес келеді [18] 2.10-суретте келтірілген;

- өлшемдері 400×400 мм және биіктігі 100 мм ағаш жақтаудағы електер, қабырғалары 5, 10, 25 және 40 мм төртбұрышты тесіктері бар мен торлары бар;
- электронды таразылар;
- үлгі үшін контейнерлер, күректер, шөміш, қылқалам, металл науалар;
- бөлгіштер.



2.10-сурет – Түсірілетін кендердің беріктігін сынауға арналған құрылғы

2.5.4 Қайтару балансын анықтау үшін сынауға дайындық. Сынақ үшін сынама немесе салмағы кемінде 40 кг құйма (пирог) алынады. Түсірілгеннен кейін қайтару балансын анықтау үшін 5,0 мм-ден аз фракцияларды сүзгіден өткізіп, өлшенеді және 2.4-кестенің сәйкес жолы толтырылады (Зертханалық жұмыс №4, 2.4-бөлім).

Қайтару балансын $B, \%$, формула бойынша есептеледі

$$B = \frac{B_n}{B_z} \cdot 100, \quad (2.8)$$

мұндағы B_n – алынған қайтарым саны, кг;

B_z – берілген қайтарым саны, $B_z = -5,0$ мм.

2.5.5 Беріктікті анықтау үшін сынауға дайындық. Сынақ үшін сынама немесе салмағы кемінде 60 кг құйма алынады:

- 5-тен астам және 25 мм-ден аз – шекемтастар үшін;
- 10 мм-ден жоғары және 40 мм-ден төмен-кесек сұрыпталған рудалар мен агломераттарға арналған.

Кен немесе агломерат сынамасында 40 мм фракция материал массасының 10%-нан асқан жағдайда, онда материал бөлшектеуге ұшырайды және өлшемі 10 мм-ден асатын кесектер сынауға арналған тесікпен біріктіріледі.

Сынама түсіргіш құрылғысына жүктеу үшін бөлгіште әрқайсысының салмағы (15 кг) төрт аспаға бөлінеді.

2.5.6 Сынақ жүргізу. Құйманы түсіргіш құрылғысына жүктемес бұрын, жоғарғы қорап шығырдың көмегімен жоғарғы қалыпқа орнатылады, түсіру есігі жабылады және құлыппен (Ысырма) бекітіледі. Төменгі қораптың есігі шпингалетпен жабылады.

Дайындықтан кейін түсіргіш есік ашылып, материалдың түсірілуі басталады. Тастау аяқталғаннан кейін материалды қабылдау контейнеріне қолымен таңдалады. Барлық алынған материал 2,5 минут ішінде (МемСТ 25471) дірілдейтін гүрсілге немесе 5 мм ұяшық өлшемімен қолмен електен өткізіледі. Алынған нәтижелер 5 мм-ден жоғары және 5 мм-ден аз ірілік сыныптары бөлек өлшенеді.

2.5.7 Нәтижелерді өңдеу. Тастауға беріктік көрсеткіші X_2 , %, төмендегі формула арқылы анықталынады:

$$X_2 = \frac{m}{m + m_1} \cdot 100, \quad (2.9)$$

мұндағы m – тастау құрылғысында құйманы (кенді) сынағаннан кейін класс салмағы 5,0 мм жоғары, г;

m_1 – құйманы (кенді) сынағаннан кейін класс салмағы 5,0 мм-ден кем, г.

2.5.8 Қауіпсіздік шаралары:

1) жұмыс жетекшісінің рұқсатынсыз жабдықты өз еркімен іске қосуға тыйым салынады.

2) орнату кезінде сақ болыңыз.

3) түсіру плиталарын ашқан кезде студенттер қауіпсіз қашықтықта болуы керек

4) қалпына келтіру құрылғысында жұмыс істеу кезінде студенттер міндетті түрде көзілдірік пен респиратор кию керек.

Бақылау сұрақтары

1. Қалпына келтіру құрылғысының дизайнын сипаттаңыз?
1. Қандай процесс материалдарды тастауға ұқсайды?
3. Қандай материалдар төгілуге ұшырайды?
4. Қайтару дегеніміз не?
5. "Қайтару балансы" ұғымы нені білдіреді?
6. Қайтару балансын не үшін есептеу керек?
7. Қайтару агломерациялық процестің қандай параметрлеріне әсер етеді?
8. Қайтару агломерациялық процестің қандай параметрлеріне әсер етеді?
9. Қайтарудың оңтайлы мөлшерін қалай анықтауға болады?

2.6. Айналмалы барабандағы барабанның беріктігін анықтау. Зертханалық жұмыс № 6

2.6.1 Жұмыс мақсаты: Айналмалы барабанда кен материалдарының, агломераттың және шекемтастардың беріктігін анықтауды үйрену.

2.6.2 Жалпы мәліметтер. Агломераттың беріктігі тастау әдісімен (зертханалық жұмыс №5, 2.5-бөлім) және сынаудан кейін ұсақ заттардың құрамын айқындай отырып, айналмалы барабанда сынаманы өңдеумен айқындалады .

Беріктік туралы қажетті ақпаратты эксперименттердің стандартты жағдайларында алуға болады. Көптеген зерттеулер ұсақ фракциялардың негізгі бөлігі өңделген шикізатта түзілетінін анықтады [10–12].

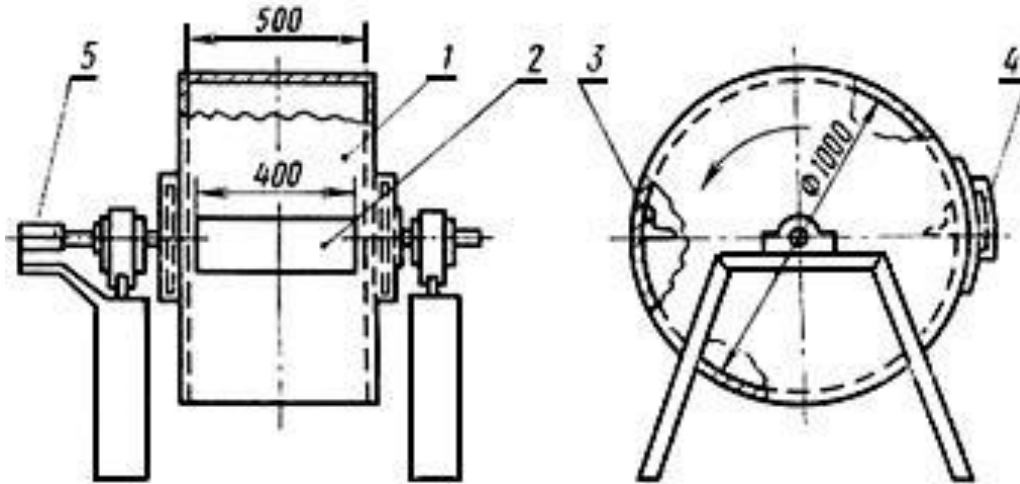
Тастау арқылы немесе айналмалы барабанда агломераттың беріктігін анықтау әдістерінің айқын айырмашылығына қарамастан, олардың арасында түбегейлі айырмашылық жоқ [11, с. 164]. Барабанды сынау 0,4–0,5 м биіктіктен бірнеше рет лақтыруға тең екендігі эксперименталды түрде дәлелденді. барабанды сынаудан кейін және құлатудан кейін ұсақ заттардың шығуы арасында тікелей байланыс бар. Барабанның 40–45 айналымы зауыт жағдайында агломераттың алты жүктеліміне сәйкес келетіні анықталды.

Айналмалы барабанда механикалық өңдеу негізінде МемСТ 15137 әдісі бойынша кен материалдарының соққыға және абразияға қарсы тұру қабілетін сипаттайтын материалдың гранулометриялық құрамының өзгеруін елек талдауымен анықтауға негізделген [19].

2.6.3 Сынақтарды жүргізу үшін мыналар қолданылады:

- айналмалы барабан 2.11-суретте келтірілген;

- электрондық таразы (зертханалық);
- елек 10 мм және 0,5 мм;
- жәшіктер, күректер, қалақтар, щеткалар, металл табакша.



1 – барабан, 2 – тиеу люгі, 3 – уголкибұрыштар, 4 – люк қақпағы, 5 – айналым есептегіші

2.11-сурет – Айналмалы барабан МемСТ 15137

2.6.4 Сынаққа дайындық. МемСТ 26136 және МемСТ 20784 [20, 21] бойынша дайындалған материал темір кені материалдары, марганец және хром кендері үшін 10-40 мм фракциясының салмағы 15 кг сынама алады:

- агломераттар үшін фракция 5–40 мм;
- шекемтастар үшін фракция 5–25 мм.

Агломерат үшін, егер сынамада 10% - дан астам 40 мм-ден астам кесектер болса, кесектерді ұсақтайды, 10 мм елек арқылы елейді және 10 мм-ден жоғары фракцияны 10–40 мм агломерат сынамасымен біріктіреді. Қажет болған жағдайда сынама 105 °С температурада кептіріледі.

2.6.5 Сынақ жүргізу. Үлгінің массасы 15 кг алынады, барабанның қақпағын мықтап жабыңыз, уақытты белгілеңіз және барабан қозғалысқа келтіріледі.

Сынақ уақыты-8 минут немесе 200 айналым. Барабан тоқтап, барлық материал төменгі паллетке түсіріледі. Содан кейін материал 5 мм електен өткізіледі, өнім (+5) мм өлшенеді. (- 5) мм фракция 0,5 мм елек арқылы еленеді, сондай-ақ электрондық таразыда өлшенеді. Егер сынақ үшін алынған сынама массасы мен жекелеген

фракциялардың жиынтық массасы арасындағы айырмашылық 2% - дан асса, сынақ қайталанады.

2.6.6 Нәтижелерді өңдеу. Соққы беріктігінің көрсеткіші X , %, формула бойынша есептеледі

$$X = \frac{m_1}{m} \cdot 100, \quad (2.10)$$

мұндағы m – барабандағы сынаманы (кенді) сынағаннан кейін класс салмағы 5,0 мм-ден жоғары, кг;

m_1 – барабандағы сынаманы (кенді) сынағаннан кейін класс массасы 0,5 мм-ден кем, кг.

Қажалу беріктігінің көрсеткіші X_1 , %, мынадай формула бойынша есептеледі

$$X_1 = \frac{m_1}{m} \cdot 100, \quad (2.11)$$

Есептеулер жүргізілгеннен кейін деректер 2.4-кестеге енгізіледі, яғни тиісті жол толтырылады (Зертханалық жұмысы №4, 2.4-бөлімі).

Бақылау сұрақтары

1. Агломераттың, түйіршіктердің беріктігін анықтау үшін барабанның конструкциясын сипаттаңыз;
2. Барабандағы материалдарды сынауды қандай процесске ұқсайды?
3. Қандай материалдар барабанның беріктігін анықтайды?
4. Кендердің, агломераттардың және түйіршіктерді шекемтастардың беріктігі қалай анықталады?
5. Кеннің абразияға төзімділігі қалай анықталады? Кеннің тозуға төзімділігі қалай анықталады?
6. Барабанның беріктігін анықтау үшін агломераттың қандай массасын алу керек?
7. Агломерация мен түйіршіктердің қандай бөлігі барабанның беріктігін анықтауға жатады?
8. Барабанның күшін анықтау үшін барабанның қанша айналымы қажет?

2.7 Кенді брикеттеу.Зертханалық жұмыс № 5

2.7.1 Жұмыстың мақсаты: Термиялық өңдеуді және химиялық өңдеуді (беріктендіруді) қолдана отырып, шаңды кендерді, шламдарды, әртүрлі техногендік қалдықтарды брикеттеу технологиясын меңгеру.

2.7.2 Жалпы мәліметтер [17]: Брикеттеу – бұл ұсақ түйіршікті пайдалы қазбаларды арнайы қоспаларды қолдана отырып немесе оларсыз механикалық, химиялық немесе термиялық әсер ету есебінен, механикалық және термиялық берік сұрыпты өнім-белгілі бір геометриялық пішіндегі, мөлшердегі және массадағы брикет алуға мүмкіндік беретін физика-химиялық процестер есебінен кесек өнімге айналдыру.

Байланыстырғыш заттарды қоспай кендерді брикеттеу $73,5 \text{ МН/см}^2$ (750 кгс/см^2) дейінгі қысыммен пресстеу арқылы жүзеге асырылады. Шикі брикеттер жоғары температуралық күйдіруге ұшырайды (1200°C және одан жоғары), процесс барысында олар беріктенеді. Күйдірілген брикеттердің сығуға беріктігі 150 кгк/см^2 -ге жетеді, бұл әдіс көптеген елдерде кеңінен қолданылады.

Кендер мен концентраттарды байланыстырғыш заттардың қоспаларымен пресстеу арқылы алынған брикеттер жоғары беріктікке ие, сондықтан оларға беріктендіре күйдіру жасалмайды. Байланыстырғыш қоспалар ретінде келесі органикалық және минералды заттар қолданылады: таскөмір шайыры, пек, асфальт және т.б. Бірақ олардың қымбаттығына байланысты олар кеңінен қолданылмайды.

Брикеттеу кезінде ең көп таралған-арзан бейорганикалық байланыстырғыш қоспалар (портландцемент, сөндірілген әк, сұйық шыны, магний хлориді, ас тұзы қоспасындағы қайнатылған шойын жоңқалары және т.б.).

Агломерациямен және шекемтастарды өндірумен салыстырғанда брикеттеудің мынадай артықшылықтары бар:

- техногендік қалдықтарды шихтада көбірек пайдалану мүмкіндігі (металлургиялық шлактар, химиялық өндірістің шламдары, кедей кендер);

- әртүрлі өндірістердегі отын мен құрамында көмір бар қалдықтардың (тас көмір, антрацит, шайыр т.б.) тапшы емес түрлерін пайдалану. Домнада шойынды қайта балқытуға брикеттерді пайдалану;

- кәдімгі домна шихтасымен салыстырғанда брикеттердің жаппай тығыздығы есебінен металлургиялық пештердің өнімділігін арттыру;

- домналық балқыту кезінде тотықсыздандыру процестерінің неғұрлым қарқынды жүруін қамтамасыз ету;

- домна және болат балқыту процестерінде энергия шығынын төмендету;

- балқытылатын металдың, атап айтқанда шойынның табиғи легирленген және арнайы маркаларының қасиеттерінің тұрақтылығын арттыру, сонымен бірге құнды элементтерді (хром, никель, ванадий, титан, мыс және т.б.) алу дәрежесін арттыру.

Кенді брикеттеу 1880 жылдан бері белгілі, бірақ қазіргі уақытта бұл әдіспен кесектеудің үлесі шанды кендер мен концентраттардың жалпы массасының 5 % - ған аспайды. Сондықтан оны негізінен электр және түсті металлургияда қолданылады.

2.7.3 Байланыстырғыш заттар. Бөлінген қатты денелерді байланыстыратын және олардың жоғары сыртқы әсер жағдайында берік байланысын сақтай алатын заттар байланыстырғыштар (желімдер, адгезивтер) деп аталады. Байланыстырғыштар органикалық және бейорганикалық болуы мүмкін және келесі талаптарға сай болуы керек:

- жоғары беттік белсенділікке ие болуы қажет, материалдың бетін максималды ұстасушылығы, берік байланысты қамтамасыздандыру;

- атмосфералық әсерге төзімді болу;

- дайын брикеттің құрылымын бұзбауы керек;

- иілімді және пластикалық қасиеттерге ие болу;

- жоғары беріктікке ие болуы, бірақ желімделген материалға карағанда қатты болмауы керек, өйткені сыртқы жүктеме ішкі кернеулердің пайда болуына және брикеттің бұзылуына әкелуі мүмкін;

- жоғары қатаю жылдамдығына ие болуы керек;

- жанған кезде брикеттердің термиялық тұрақтылығын қамтамасыз ететін жентектелетін компоненттердің жеткілікті үлесін қамтуы қажет;

- жанғанда жоғары жану жылуын бөлу, ұшпа заттардың аз шығуы және төмен тұтану температурасы болуы керек;

- минималды уыттылыққа ие болу;

- тапшы емес және арзан болуы қажет.

2.7.3.1 Органикалық байланыстырғыштар. Мұнай шикізатынан алынған байланыстырғыштар – бұл жоғары молекулалық қосылыстарға тән қасиеттері бар, мұнай өңдеуден бөлінген ауыр қалдығы. Мұнай шикізатынан алынған байланыстырғыштардың химиялық компоненттері келесідей. Май фракциясы – аз мөлшерде

гетероорганикалық және күкірт қосылыстары бар парафинді, нафтенді және хош иісті көмірсутектердің қоспасы.

2.7.3.2 Шайырлар – молекулалық салмағы 1200-ден және тығыздығы 1000 кг/м^3 -ден асатын әртүрлі көмірсутектердің жартылай сұйық, бейтарап қосылыстары. Жарықтың, жоғары температура және күшті қышқылдардың әсерінен шайырлар асфальтендерге айналады. Асфальтендер - молекулярлық массасы 2500-ге дейін және тығыздығы 1000 кг/м^3 -ден асатын қара қоңыр немесе қара түсті ұнтақ. Карбендер мен карбоидтар сыртынан қарағанда асфальтендерге ұқсайды, бірақ құрамында көміртегі көп. Оларды әлсіз кокс деп санауға болады. Мұнай шикізатынан алынған байланыстырғыштардың беттік белсенділігін беретін карбонды (нафтенді) және асфальтогендік қышқылдарының мөлшері шамалы аз болады. Мұнай шикізаттарынан алынған байланыстырғыштардың күйеженіктелуі кокстың түзілуімен тығыз байланысты, бұл шикізаттың тотығуының температуралық-уақыттық жағдайларына және оны термиялық өңдеудің қарқындылығына байланысты. Мұнай шикізатынан алынған байланыстырғыштарының жентектелу көрсеткіші (коксты саны) 20-30% құрайды.

2.7.3.3 Көмір пегі (пек) – $360\text{--}380^\circ\text{C}$ температурада кокстеу арқылы таскөмір шайырын айырып шығарумен алынған ауыр қалдығы. Химиялық тұрғыдан қарастыратын болсақ бұл күрделі гетерогенді құрлымдалынған жүйе, ол жоғары күйеженіктеуге ие. Оның кокстелу саны 37–42 % аралығында. Пек қолданып жасалған брикеттер жоғары жылу төзімділігіне ие.

Көмір пегін өндіру үшін шикізат ретінде карбендер мен карбоидтар түрінде 10%-ға дейін бос көміртегі бар таскөміртегі шайыры (қара – қоңыр тұтқыр сұйықтық) қолданылады, қалғаны-қанықпаған көмірсутектер қосылған күрделі хош иісті және гетероциклді қосылыстар. Таскөмір пегінің уландырғыштығы брикеттеу кезінде оның қолданылу аясын шектейді.

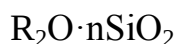
2.7.3.4 Лигносульфонат (сульфит-спиртті тұнба – ССТ) – құрамында 20–30 % - дан аспайтын суы бар ұсақталған ағашты целлюлозаға өңдеу кезіндегі жанама өнім (қалдық). ССТ-нің жоғары тұтқырлау қабілеті лигносульфондық қышқылдарының кальций, натрий және аммоний тұздарының – беттік белсенді заттардың болуына байланысты.

2.7.3.5 Бейорганикалық байланыстырғыштар. Бейорганикалық (минералды) байланыстырғыштар, әдетте, брикеттелетін материалдармен химиялық реакцияға түседі. Құрылымның түзілу қарқындылығы химиялық реакциялардың жылдамдығы мен

толықтығына, сондай-ақ престеу қысымына байланысты. Минералды байланыстырғыштар ретінде әк, сұйық шыны, цемент, каустикалық магнезит және доломит, шойын жоңқасы, сазбалшық, гипс және т.б. Ең көп таралған, олардың басты кемшілігі - домна пешінде балқыту кезінде қосымша қож пайда болады.

2.7.3.6 Әк - көп таралған минералды байластырғыш материалдардың бірі болып табылады. Оның құрамында кемінде 85% $\text{CaO} + \text{MgO}$ және 2–3 % - дан аспайтын саз қоспалары бар. Байланыстырғыш ретінде сөндірілген, және сөндірілмеген әк қолданылады. Брикеттеу үшін таза ақ немесе сәл сұр түске ие, тығыздығы шамамен 3000 кг/м^3 болатын жаңа күйдірілген әк қолайлы.

2.7.3.7 Еритін сұйық шыны (шыны үйіндісінің) – бұл ашық көк түстен сарыға дейін түрлі-түсті реңдегі шыны тәрізді мөлдір қорытпа. Ол жалпы формуланың ауыспалы құрамындағы әртүрлі сілтілі силикаттардың қоспасынан тұрады



мұндағы R – натрий немесе калий;

n – сілтілік металдардың бір молекуласына келетін SiO_2 молекулаларының саны

Еритін шыны силикат-үйіндісі деп аталады, ал оның сулы ерітінділері – сұйық шыны. силикат-үйіндісінің тығыздығы 2400 кг/м^3 , жұмсарту температурасы $1000\text{--}1100^\circ\text{C}$. Брикеттеу үшін $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ натрийлі сұйық шыны қолданылады, ол кварц құмының қоспасын сода немесе натрий сульфатымен $1300\text{--}1400^\circ\text{C}$ температурада күйдіру арқылы алынады. Өндіріс әдісіне байланысты еритін шыны құрамында, %: SiO_2 – 71–72; Na_2O – 25–27; сондай-ақ Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , SO_2 бар. Ерітілетін шыныны цементациялауды қарқындату үшін $150\text{--}250^\circ\text{C}$ температурада брикеттерді кептірілу іске асырылуы мүмкін. Сұйық шыны колошник шаңын, феррохромды, темір және хром кендерін брикеттеу үшін қолданылады, оның шығыны 5 - тен 10 % -ға дейін, активтендіретін қоспаларды енгізумен оның шығыны азаяды.

2.7.3.8 Цементтер. Кендерді брикеттеу үшін байланыстырғыш ретінде әртүрлі цементтер қолданылады: портланд, гидравликалық, бокситті, гипсті, кендік, Қождыпортланд және т.б. Брикеттердегі байланыстырғыш цементтерді қатайту процесі үш негізгі бағытта жүруі мүмкін – табиғи, жеделдетілген және автоклавты беріктендіру.

Табиғи қатаю бірнеше апта бойы ауа ылғалды ортада қоршаған орта температурасында жүреді.

2.7.3.9 Бентонитті сазбалшықтар – лавадан, күлден және туфтардан пайда болған теңіз шөгіндісінің жыныстары, олардың химиялық құрамы келесідей, %: SiO_2 – 45-80; Al_2O_3 – 15; MgO – 8; CaO – 8. Бентониттің негізін $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 3H_2O$, монтмориллонит құрайды, оның құрамы кейде 80 % - дан асады. Бентонит ылғалданған кезде көлемін 30 есе арттыруға қабілетті. Бентонит байланыстырғышын дайындау үшін сазбалшықты 5–8 % ылғалдылыққа дейін кептіріп, 0,1 мм-ден аз мөлшердегі ірілікке ұсақтайды.

Бентонит сазбалшықтарының қасиеттерін жақсарту үшін қоспаларды (натрий және алюминий тұздары, сілтілер, сода және т.б.) қосу арқылы жақсартады. Темір кені концентраттарын брикеттеу кезінде бентониттің шығыны 1 % - дан, никельді концентраттарды –10 % - ға дейін, 7–12 % су қосу арқылы құрайды.

2.7.3.10 Шойын жоңқасы - ұсақ ұнтақталған темірлі өнім. Оның байланыстырғыш қасиеттері брикеттелетін темір кені шикізатымен коррозия және ылғалдандыру процесінде көрінеді. Шойын жоңқалары (брикеттелетін массаның 5–10 %) катализатордың қатысуымен кенмен араластырылып, брикеттерге престеледі. Катализатор ретінде $NaCl$ сулы ерітінділері қолданылады (жалпы массаның 0,5–1 %). Шихта компоненттерінің өзара әрекеттесуінің электрохимиялық процестерінің нәтижесінде белсенді жемірлену басталады. Шойын жоңқаларын ерітетін гальваникалық жұптар пайда болады, осыдан коррозия өнімдерін түзіп, бұл цементтеуді тездетіп бірнеше күнге созылады. Шойын жоңқаларымен брикеттеу үшін ірілігі 0,5 мм - ден аспайтын ұсақ кендерді қолдану керек, магнетит және гематит кендерін кесектеу кезінде ең жақсы көрсеткіштерге қол жеткізіледі.

2.7.4 Брикеттеу технологиясы. Кен брикеттерінің сапасына мынадай талаптар қойылады: жоғары механикалық және термиялық беріктік, атмосфераға төзімділік, кеуектілік және тығыздық, бұл ретте әрбір металлургиялық процесстерде брикеттерге қосымша талаптар қойылуы мүмкін. Домналық балқытуға арналған темір кені брикеттерінің химиялық құрамы келесідей, %: темір – 55–60; күкірт 0,2–0,25 % – дан, фосфор 0,1–0,03 % - дан, мышьяк және мырыш 0,02 % - дан аспайды.

Тотықсызданушылық – кен шикізатының металмен байланысты оттегін белгілі бір жылдамдықпен газ-тотықсыздандырғышқа беру қабілеті. Газ өткізгіштігі брикеттердің кеуектілігімен және брикет қабатының кеуектілігімен тығыз байланысты. Бірінші жағдайда ол

брикеттің кеуектілігімен, екіншісінде – брикеттердің мөлшері мен формасының біркелкілігімен анықталады.

2.7.5 Брикеттелетін компоненттерді дайындау. Брикеттеуге дайындық кендегі қажетті іріліктегі және мөлшердегі ылғал мен металды қамтамасыз етуден тұрады.

Беріктігі төмен кендер үшін ірілігі 1 мм-ден аспауы керек. Престеу кезінде үлкен түйіршіктер жарылып, байланыстырғыштармен жабылмаған көптеген жаңа беттер пайда болады. Беріктігі орташа және жоғары кендер үшін іріліктің жоғарғы шегі 5–6 мм. Мысалы, темір кендерін байланыстырғыштармен брикеттеу кезінде оңтайлы мөлшері 0-5 мм; байланыстырғышсыз ол 1–2 мм-ге дейін төмендейді. Шихтаны дайындау үшін ылғалдың мөлшері ерекше маңызды, мысалы, темір және темір никель кендері үшін (ірілігі 0–5 мм) оңтайлы ылғалдылық 20% құрайды. Брикет қоспасын дайындаудың соңғы кезеңі-компоненттерді мөлшерлеу және оларды мұқият араластыру. Мөлшерлеу үшін табақшалы, барабанды, дірілді, шнекті және қоректендіргіштердің басқа түрлері қолданылады; араластыру үшін – бір, екі білікті қалақты және барабанды араластырғыштары және көп сатылы араластырғыштар пайдаланылады.

2.7.6 Престеу. Жоғары сапалы брикетті алудың маңызды шарты-бұл престеудің меншікті қысымы болып табылады, ол престің конструкциясына және сығу сипатына байланысты (бір немесе екі жақты). Бір жақты престеу кезінде биіктігі бойынша брикетті біркелкі тығыздау қамтамасыз етілмейді. Сондықтан екі жақты сығу қолданылады, бұл материалдың біркелкі тығыздалуын қамтамасыз етеді. Бұл жағдайда брикеттердің биіктігі мүмкіндігінше аз болуы керек, мысалы, цилиндрлік брикеттер үшін биіктіктің диаметрге қатынасы 1:2 болуы керек. Кен брикеттерінің беріктігіне престеу кезінде шөгу айтарлықтай әсер етеді. Сығымдау шарттары кен қоспасының физика-химиялық қасиеттеріне, материалдың мөлшері мен ылғалдылығына, байланыстырғыштың шығыны мен сапасына, араластыру қарқындылығына және қоспаның температурасына байланысты. Брикеттеу үшін периодты және үздіксіз жұмыс істейтін пресстер қолданылады. Біріншісіне штемпельді, револьверлі (үстелді) және иінтіректі; екіншісіне – білікшелі және сақиналы жатады.

Берік брикеттер алу үшін, әсіресе майда рудалық ұсақ-ұнтақтарды бірнеше сатыда престеу жасау ұсынылады. Ол үшін қысымды аралық төмендететін әдістер қолданылады, бұл сығылған массада ауаны мүмкіндігінше шығаруға және жоғары беріктік пен тығыздықты қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Ең көп қолданылатын білікшелі пресстер, олар жоғары өнімділікке ие, үлкен

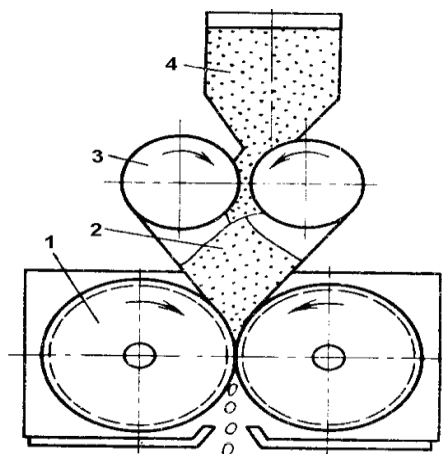
престеу күші бар, үнемді, шағын және пайдалануда қарапайым. Білікшелі престердің тиімді жұмысы көбінесе шихтаны алдын – ала тығыздауға байланысты, оның негізгі мақсаты престелген материалдың сусымалы массасын ұлғайту болып табылады.

Сонымен қатар, байланыстырғыштың шығынын азайтуға, брикет қоспасының икемділігін төмендетуге, шихтаны білік аралық кеңістікке қатаң мөлшерлеуге қол жеткізіледі.

Баспақтауды қолдану білікшелі престерде престеу қысымын 100 МПа-дан асырып жоғарлатуға мүмкіндік береді. Әр түрлі металлургиялық процестер үшін конфигурациясы мен көлемі әртүрлі брикеттер қажет. Мартен пешінде балқытуда балқымалары үшін брикеттер көлемі 10–30 см³ дейін шекемтастар түрінде, көлемі 50 см³ дейін электр болат балқыту өндірісі үшін жаңғақ тәрізді немесе сопақ пішінді дайындалады. Престеудің маңызды факторы – қысым. Байланыстырғыштар қосылған темір кені брикеттері үшін пресстеудің оңтайлы қысымы 40–50 МПа, байланыстырғыштары жоқ темір кені үшін – 100–120 МПа. Руда мөлшерінің азаюымен полимерлі органикалық байланыстырғыштарды бейорганикалық заттарға ауыстырған кезде қысымды арттыру қажет. Престеу қысымы кеннің ылғалдылығына да байланысты болады.

Марганец кендерін [17, 22] кең қысым диапазонында (25-тен 74 МПа-ға дейін), 50-ден 60 МПа-ға дейін тотыққан никель кендерін брикеттеуге болады. Білікшелі пресс қоректендіргіш-тиегіштен (тарату тостағанынан), бандажды сақинадан және біліктерді гидравликалық сығымдау 2.12-суретте көрсетілгендей жүйелі тұғырдан тұрады.

Тарату тостағаны (сыйымдылығы 0,5–1 м³ табақ болаттан жасалған цилиндр) пресстің біліктеріне брикет қоспасын біркелкі жүктеу үшін қолданылады. Тостағанның түбінде әр жұп біліктің үстінде тесіктер бар. Олар арқылы брикет қоспасы престеу алдында жүктеу камерасына түседі. Бункерден 4 брикет қоспасы екі біліктің 3 арасындағы кеңістікке түседі, онда алдын-ала престеу жүреді, содан кейін бункерге 2 түседі, одан айналып тұрған біліктердің 1 ауырлық күші мен үйкеліс әсерінен түсіріліп шығарылады. Біліктер екі қуыс барабандар түрінде жасалған, оларға брикеттің жартылай қалып түрінде ұяшықтары бар бандаж сақиналары орнатылған.



2.12-сурет - Білікшелі нығыздағышты білікшелі престің жұмыс схемасы

2.7.7 Брикеттерді металлургиялық қайта балқытуға дайындау. Брикеттерді беріктендіру үшін механикалық және термиялық беріктігін қамтамасыз ету үшін әртүрлі әдістер қолданылады.

Шикі брикеттердегі байланыстырғыштарды полимерлеу мақсатында термототықтыра өңдеу. Ол шахталық, туннельді және сакиналы пештерде жүзеге асырылады. Процесс 600–1400 °C температурада үздіксіз немесе периодты болуы мүмкін.

Процестің ұзақтығы брикеттердің кесектігіне (ірілігіне), байланыстырғыштың шығынына және жентектелу қабілетіне, ыстық газдардың температурасы мен құрамына байланысты. Термоөңдеу темір кені, мырыш, молибден, сондай-ақ кен-көмір брикеттерін дайындау үшін қолданылады.

Мұнай шикізатынан байланыстырғыштарды, таскөмір пегін немесе ССТ-ден алынған брикеттерді беріктендіру үшін 150–250 °C температурада 6–8 сағат ішінде кептіру қолданылады. Дайын брикеттер негізгі металлургиялық шихтаға қосымша қоспа ретінде қолданылады. Кейде брикеттер табиғи жағдайда 3–4 күн ішінде 18–20 °C температурада кептіріледі. Өкпен брикеттерді беріктендіру үшін табиғи тындыру, жасанды карбонизация және автоклавтау әдісі қолданылады, бұл ең қарапайым және үнемді. Сұйық шынымен кендерді брикеттеу кезінде оларды беріктендірудің негізгі әдісі – кептіру. Кейде карбонизация қолданылады, бұл натрий силикатының гидролизін тездетеді. 150–250 °C температурада 15-30 минут кептіру. Шаңды шикізаттан брикеттерді беріктендіру жоғары температураны қажет етеді (300–500 °C). Брикеттерді осындай қыздыру байланыстырғыштардың сұйық шынының (2–4 %) шығынының аз қолдану кезінде қажет. Цемент байланыстырғыштарындағы

брикеттердің шикі беріктігі өте аз, олар қолмен алынып тасталады. Табиғи беріктенуі өте ұзақ. Оны қарқындату үшін бірнеше сағат бойы 60–100 °С температурада термиялық өңдеу қолданылады. Жылутасымалдағыштар ретінде бу, ылғалданған ауа, электр және радиациялық қыздыру элементтері қолданылады. Брикеттердің шикі беріктігін арттыру үшін біріктірілген байланыстырғыштар қолданылады, бұл брикеттердің ішіндегі адгезиялық байланыстарды арттырады. Кендерді байланыстырғышсыз брикеттеу кезінде беріктендіру аралас әдістермен – төмен және жоғары температурада өңдеумен жүзеге асырылады. Бірінші кезеңде брикеттер табиғи немесе әлсіз жылу әсеріне ұшырайды, бұл жеткілікті беріктікті қамтамасыз етеді.

Содан кейін гидратациялық, карбонизация немесе жоғары температуралы термиялық өңдеу қолданылады. Бірақ, байланыстырғышсыз осындай беріктендіру жеткілікті ыстық беріктікті қамтамасыздандырмайды.

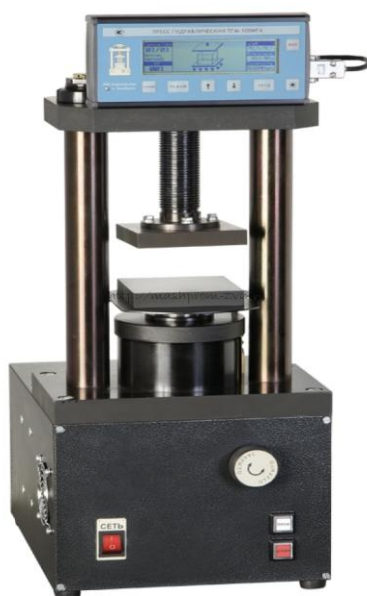
2.7.8 Қондырғы сипаттамасы. Брикеттерді дайындау үшін келесідей зертханалық жабдық пайдаланылады: материалдарды себуге арналған аспап, техникалық таразылар мен салмағы әртүрлі таразы тастары, брикеттелетін шикіқұрамның компоненттерін араластыруға арналған құрылғы, суды шашыратуға арналған пульверизатор, қалыптаушы пресс 2.10-суретте көрсетілгендей, брикеттерді дайындауға және олардың беріктігін сынауға арналған пресс-қалыптар.

2.7.9 Жұмысты орындау тәртібі. Брикет жасау үшін шихтаның барлық компоненттерін өлшеп, жақсылап араластыру керек. Бір брикетке арналған шихтаның мөлшерін өлшеп, оны қағаз құйғысы арқылы бөлшектелген (алдын-ала майланған) қалыпқа салу қажет, содан кейін оны жинап, гидравликалық пресс астына қойыңыз. Сығымдау қысымын бақылау кезінде қоспаны брикеттеңіз. Осылайша, әр түрлі шихтадан 2.14- суретте көрсетілгендей бірнеше брикет жасаңыз.

Жұмысты жүргізу кезінде шихтаның негізгі құрамы белгіленеді, келесі параметрлер өзгереді: байланыстырғыш материалдың түрі мен құрамы, пресстеу қысымы, брикеттерді тындыру уақыты және күйдіру режимі. Брикеттердің суықтай беріктігін зертханалық прессте анықтаңыз 2.13-суретте көрсетілген.

Брикеттердің бірінші партиясы ауада табиғи кептіріледі, екіншісі- қыздыру пешінде кемінде 1200 °С температурада беріктендіре күйдіруге ұшырайды, кептірілген брикеттердің беріктігін анықтау үшін алдын-ала дайындалған брикеттерді қолданылады (сынақ

басталғанға дейін кемінде 24 сағат болған брикеттер). Механикалық беріктігін брикет бұзылған кезде гидравликалық қысым манометрінің көрсеткіштері бойынша анықтаңыз. Алынған эксперименттік мәліметтерді 2.5-кестеге енгізіп, металлургиялық брикеттердің механикалық беріктігіне әртүрлі факторлардың әсер ету графигін құрыңыз. Жұмыс бойынша қорытынды жасаңыз.



2.13-сурет – Брикеттер дайындауға арналған гидравликалық пресс және оларды механикалық беріктікке сынау



2.14-сурет-металлургиялық қалдықтардан жасалған брикеттер

2.5-Кесте – Metallургиялық брикеттердің қасиеттеріне әртүрлі факторлардың әсері

Факторлар	Брикеттердің берiктігі, кг/см ²								
	Шикі			Кептірілген			Күйдірілген		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Байланыстырғыштар шығын, %:									
- Сұйық шыны									
- Отқа төзімді саз									
- Көмір шайыры									
- Концентрат (қалғаны)									
Баспалау күші, кгк/см ²									
Кептіру уақыты, сағ									
Күйдіру уақыты, сағ									

Бақылау сұрақтары

1. Брикеттеу процесінің технологиялық ерекшеліктерін сипаттаңыз.
2. Темір кендерін өңдеудің басқа әдістеріне қарағанда брикеттеудің негізгі артықшылықтары мен кемшіліктерін атаңыз.
3. Суықтай және ыстықтай брикеттеу технологиясын сипаттаңыз.
4. Metallургиялық брикеттердің механикалық беріктігіне қандай факторлар әсер етеді?
5. Қазіргі уақытта, брикеттеудің технологиялық процесі неге қара metallургияда кең қолданыс тапағанын түсіндіріңіз.

3 Қара металдар өндірісі бойынша зертханалық жұмыстар

3.1 Қуаты 160 кВ·А электр пешінің құрылымы мен электр жабдықтарын меңгеру, № 1 зертханалық жұмы

3.1.1 Жұмыс мақсаты: электр ферроқорытпа пешінің құрылымы мен электр жабдықтарын меңгеру.

3.1.2 Жалпы мәліметтер. Ферроқорытпаларды негізінен ферроқорытпалық деп аталатын арнайы конструкциялы қуатты электр пештерінде балқытады. Технологиялық процестердің сипатына байланысты әртүрлі қуаттылықтағы, конструкциядағы, қолданылатын электр тогының қатарына және электродтардың орналасу схемасына сәйкес пештердің көптеген түрлері бар. Мақсаты бойынша ферроқорытпа пештері кенді тотықсыздандыру немесе тазартушы, конструкциясы бойынша-ашық және жабық, стационарлық және айналмалы ванналармен болуы мүмкін. Ванның пішініне байланысты дөңгелек, тікбұрышты және сопақ пештер болып бөлінеді. Пештер қозғалыссыз, еңкейтілетін (көлбеу) және жылтылатын болуы мүмкін. Үш фазалы пештер электродтардың орналасуымен немесе тұзу бойына (тікбұрышты пештер) немесе үшбұрыштың төбесі бойынша (дөңгелек пештер) салынады. Жоғары қуатты пештерде алты, тіпті тоғыз электрод болуы мүмкін. Тік бұрышты үш электродты пештер сыртқы электродтардың бір-бірінен үлкен қашықтықта орналасуына байланысты пеш қондырғысының салыстырмалы түрде қуат коэффициенті төмен. осы пештердің кемшілігі сонымен қатар әрбір электрод астында дербес реакциялық тигл пайда болуы болып табылады. Сондықтан, қазіргі уақытта ферроқорытпа өндірісі үшін мұндай пештер салынбайды. Ферроқорытпа өнеркәсібінде ең кең таралған дөңгелек үш фазалы пештер. Электродтары үшбұрыш бойымен орналасқан дөңгелек пеш жылуды жақсы шоғырландырады, осылайша әр электродтың астында пайда болған тигелдер бір бірімен өзара байланысады. Бұл бір шығару тесігімен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Дөңгелек пештер минималды жылу беру бетіне ие және жылуды жақсы пайдалануды қамтамасыз етеді.

3.1.3 Эксперименттік бөлім. РКО-0,16 электр пешінің сипаттамасы: кенді тотықсыздандыру, дөңгелек, ашық, трансформатордың қуаты 160 кВ·А.

Электродтар: графиттелген, диаметрі 100 мм. пеш ваннасы: көмір немесе графиттелген блоктардан тұрады, түбі – көмір блоктарынан, жылу оқшаулау – шамот кірпіші және кокстың елемі.

Механизмдер: қорап түріндегі электродтардың қозғалу механизмі. ТШС-1000-3 У 4 типті үш фазалы трансформатор.

Техникалық мәліметтер:

- желіні қоректендіргіш кернеуі 380 В;
- желідегі айнымалы тоқтың жиілігі 50 Гц;
- желіден тұтынылатын ток, 245 А;
- ПВ кезіндегі қуат 100 %, 160 кВ•А;
- ПВ кезіндегі қайталама тізбектің тогы 100 % (900 А); 60 % (1000 А);
- қайталама кернеу 3.1-кестеде берілген.

Пешті қосудың электр схемасы мен жалпы түрі 3.1, 3.2-суреттерде келтірілген.

3.1-кесте – Екінші ретгі кернеу, В

Бастапқы ораманың, орамдарының саны	Қайталама кернеу, В, қайталама ораманың орама саны кезінде		
	7	8	9
70	38,0	43,5	48,9
67	39,7	45,4	51,0
64	41,5	47,5	53,4
61	43,6	49,8	56,1
58	45,8	52,4	59,0
55	48,4	55,4	62,2

3.1.4 Зертханалық жұмыстарды жүргізу кезіндегі қауіпсіздік техникасы:

- балқытуды жүргізу кезінде қуаты 160 кВ•А электр пештеріне қызмет көрсету бойынша қауіпсіздік техникасы;
- электр пешті зертхана меңгерушісін немесе оқу шебері қосады;
- жұмысты орындау кезінде электр пешінде тек ауысым бригадасы болуы керек;
- студенттер жұмысты тек белгіленген кесте бойынша және оқытушының рұқсатымен бастауға міндетті;
- жарамды күйдегі құралды пайдалану қажет;
- электр пешінің айналасындағы өту жолдарын шикіқұрам материалдарымен, балқыту өнімдерімен, қол астындағы аспаптармен бөгемеген дұрыс.

Жұмыс уақытында білім алушылар:

- а) бақылау – өлшеу аспаптарының көрсеткіштерін қадағалау, олардың көрсеткіштерін тіркеу;

б) пештің жанында шұға арнайы киімде немесе халатта, бас киімдерде, ал балқытушылар – қорғаныш көк көзілдірігі бар шұға бас киімдерде және қорғаныш қолғаптарда (шұға қолқап) жұмыс жүргізуге міндетті;

в) металл істіктермен басқа да құрал-саймандарды оқшауланған тұтқалары мен қолғаптарысыз пайдалануға рұқсат берілмейді;

г) электродтың пештің қаңқасымен металл құрал арқылы жанасуына жол бермеу;

д) 1000 А астам ток жүктемесі бар пештің жұмысына жол бермеу;

е) пештен металды шығарар алдында шөміште (құймақалыпта) ылғалдың болмауын тексеру керек.

Балқытылған металл мен шлакқа көзді қорғауға арналған құралдарыңыз қарауға болмайды;

Жұмысты орындауға қатыспайтын адамдарға жұмыс істеп тұрған пештің қасында болуға, тұруға тыйым салынады;

Балқыту аяқталғаннан кейін төменде көрсетілген ретпен келесі операцияларды орындау қажет:

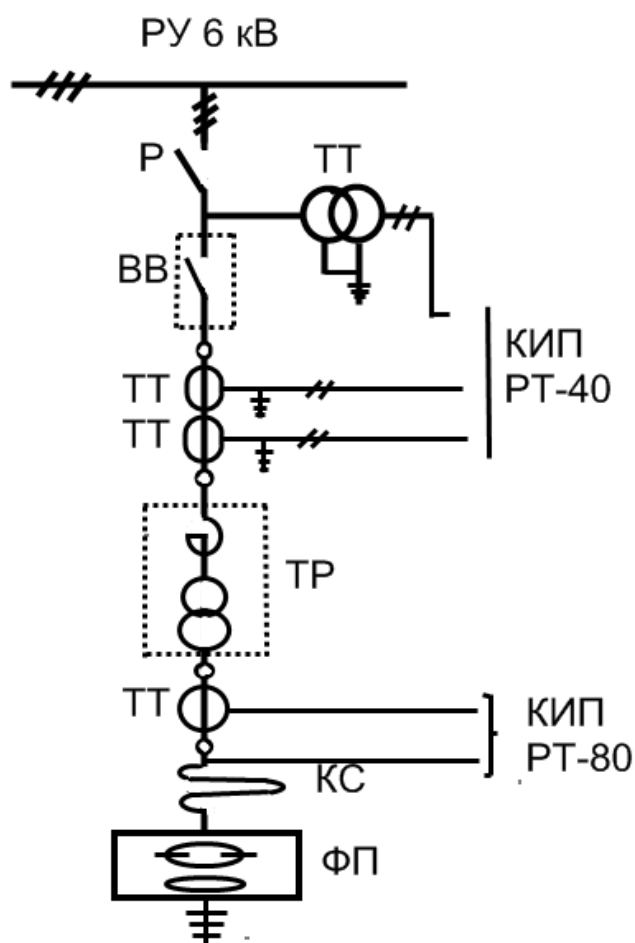
а) электродтарды соңғы жоғарғы шегіне дейін көтеру;

б) оқу шебері пешті өшіруге міндетті.

Зертханалық жұмыс аяқталғаннан кейін білім алушылар оқу шеберінің нұсқауына сәйкес жұмыс орындарын тазалауға міндетті.



3.1-сурет – Ферроқорытпа пеші



Р – ажыратқыш; ВВ – жоғары вольтты ажыратқыш; БӨА – бақылау-өлшеу аспаптары; РТ – ток релесі; ТТ – Ток трансформаторы; ТР – пеш трансформаторы; КС – қысқа желі; ФП – ферроқорытпа пеші

3.2-сурет – Ферроқорытпа пешін қосудың бір сызықты электр схемасы

3.2 Ферросилицийді электр пешінде балқыту. Зертханалық жұмыс № 2

Студенттер жұмысты орындау кезінде пәннің оқу бағдарламасына сәйкес жұмыс ұзақтығы 4–6 сағатқа дейін артуы мүмкін, ал жеке тараулар мен тапсырмалар оқытушының нұсқауы бойынша қысқаруы мүмкін.

3.2.1 Жұмыс мақсаты: жұмыстың мақсаты білімді тереңдету және бекіту және ферросилицийді көміртекті термиялық әдіспен балқыту және шихта дайындаудың практикалық іскерлігін қалыптастыру болып табылады.

Білуі тиіс:

- ферросилиций көміртекті термиясының физикалық-химиялық негіздері және оның өнеркәсіптік өндірісінің жағдайы;
- ферросилицийді балқыту үшін шихтаны есептеу әдістемесі;
- ферросилицийді балқыту технологиясы.

істей білуі тиіс :

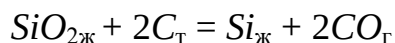
- шихтаны дайындау;
- ферросилицийді балқыту үшін шихтаның қысқаша есебін жүргізу, соның ішінде компьютерді қолдану;
- пештің электр схемасын қосуға дайындау;
- балқыту процесін қызмет көрсету және басқару;
- I базадағы шығыс коэффициенттерін анықтау. Т. қорытпасы және жетекші элементтердің таралуын есептеу;
- ғылыми-зерттеу сипатындағы қажетті тәуелділіктерді белгілеу;
- өзіндік жұмыс барысында КЖ талдау, ПТ шешу, қабылданған шешімдерді талқылау.

3.2.2 Теориялық бөлім. Процестің физика-химиялық негіздері және ферросилиций өндіру технологиясы. Ферросилиций-темір мен кремний қоспасы. Ол болат пен қорытпаларды оттегісіздендіру және легирлеу үшін, сондай-ақ силикотермиялық процестерде тотықсыздандырғыш ретінде қолданылады.

Ферросилиций МЕСТ 1415 талаптарын қанағаттандыруы тиіс 3.2-кесте кестеде келтірілген. Ферросилиций қуатты (27–63 МВ·А) кенді тотықсыздандырғыш жабық және ашық электр пештерінде балқытылады. Айналмалы немесе стационарлық ваннамен және көміртекті шегені бар дөңгелек пештер.

Ферросилицийді алудың физика-химиялық мәні кремнийді кремний тотығынан (SiO_2) көміртегімен тотықсыздандыру және оны темірде еріту болып табылады. Қорытпадағы көміртектің құрамы $[C] = f[Si]$ функциясымен анықталады.

Реакция үшін



$$\Delta G^{\circ}_{\text{т}} = 697390 - 359,07 \cdot T \quad (\Delta G^{\circ}_{\text{т}} = 0 \text{ при } T = 1942 \text{ K})$$

Жоғарыда көрсетілген реакция үшін Гиббс энергиясының өзгеру теңдеулері және кремнийдің әртүрлі құрамы бар қорытпаны алу кезінде ферросилицийдің түзілу температурасы 3.3-кестеде келтірілген.

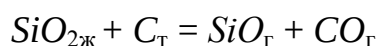
3.2-кесте – МЕСТ 1415 бойынша ферросилицияға қойылатын талаптар

Маркасы	Химиялық құрамы, масс. %								
	Si	C	S	P	Al	Mn	Cr	Ti	Ca
		Көп емес							
ФС 92	➤ 92	–	0,02	0,03	2,5	0,2	0,2	–	0,5
ФС 90	➤ 89	–	0,02	0,03	3,5	0,2	0,2	–	–
ФС 75	74–80	–	0,02	0,05	–	0,4	0,4	–	–
ФС 75л	74–80	–	0,02	0,05	1,5	0,3	0,3	–	–
ФС 75э	74–80	0,1	0,02	0,04	0,1	0,3	0,2	0,05	0,1
ФС 69э	67–72	0,1	0,02	0,04	0,1	0,3	0,3	0,04	0,1
ФС 65	63–68	–	0,02	0,05	2,5	0,4	0,4	–	–
ФС 45	41–47	–	0,02	0,05	2,0	0,0	0,5	–	–
ФС 25	23–27	0,8	0,02	0,06	1,0	0,9	1,0	–	–
ФС 20	19–23	1,0	0,02	0,10	1,0	1,0	–	–	–
ФС 20л	19–23	–	0,02	0,20	1,0	1,0	0,3	–	–

3.3-кесте – Гиббс энергиясы және ферросилициді қайтатүрлендіру температурасы

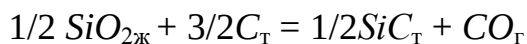
Маркасы	Теңдеу түрі $\Delta G^\circ_T = \Delta H^\circ_T - \Delta S^\circ_T \cdot T$	$\Delta G^\circ_T = 0$	
		кезінде T, К	кезінде t, °C
ФС 90	700569–362,97	1930	1657
ФС 75	700066–365,15	1917	1644
ФС 45	683821–367,37	1861	1588
ФС 25	645635–367,41	1757	1484
ФС 20	625119–366,99	1703	1430

Кремний қорытпаларын балқыту кезінде, әсіресе жабық пештерде кремний тотығы (SiO) және кремний карбиді (SiC) маңызды рөл атқарады. Бұл қосылыстар реакцияларға сәйкес кремнийді кокс көміртегімен тотықсыздандыру процесінде түзіледі



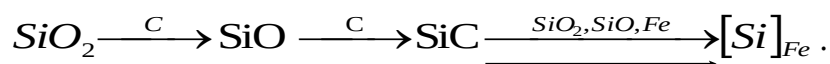
$$\Delta G^\circ_T = 668245 - 326,33 \cdot T$$

$$(\Delta G^\circ_T = 0 \text{ кезінде } T = 2048K, \text{ кезінде } P_{CO} + P_{SiO} = 101 \text{ кПа}),$$



$$\Delta G^\circ_T = 321797 - 171,57 \cdot T (\Delta G^\circ_T = 0 \text{ кезінде } T = 1875K).$$

Үрдіс механизмінің өзгеру тізбегі



Жоғарыда келтірілген схемада темірдің рөлі ескерілген, оның шихтада болуы кремнийдің тотықсыздануына едәуір жеңілдетеді.

Темір кремнийді реакция аймағынан шығарып, ферросилиций қорытпасын түзеді:



$$\Delta G^{\circ}_{\text{т}} = 590634 - 360,10 \cdot T \quad (\Delta G^{\circ}_{\text{т}} = 0 \text{ кезінде } T = 1640\text{K}).$$

Бұл процесте темір «тұндырғыш» деп аталады. Темір сонымен қатар кремний карбидінің бұзылуына ықпал етеді:



1

$$\Delta G^{\circ}_{\text{т}} = 615489 - 439,64 \cdot T \quad (\Delta G^{\circ}_{\text{т}} = 0 \text{ при } T = 1400\text{K}).$$

Ферросилицийді балқыту үшін қолданылады: кварцит, кокс, болат жоңқасы. Кокстың орнына басқа көміртекті материалдарды пайдалануға рұқсат етіледі.

Шикіқұрам материалдарын балқытуға дайындау мыналарды қамтиды: кварцит пен коксты ұнтағы; болат жоңқалар оттық торларда сұрыпталады, ал ФС–18 және ФС–25 маркалы ферросилицийді балқыту үшін жоңқалы ұсатқыштарда ұсақталады. Жұмыс фракциялары: 20–65 мм кварцит, 8–20 мм кокс, 50–100 мм жоңқалардың талшықтары.

Ферросилицийді балқыту кезінде қождың мөлшері металл массасының 3–4% құрайды. Бұл жағдайда қождың құрамында : $\text{SiO}_2 = 30\text{--}45$; $\text{SiC} = 2\text{--}10$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 20\text{--}30$; $\text{CaO} = 12\text{--}25$; $\text{BaO} = 0,2\text{--}2$; $\text{MgO} = 0,3\text{--}2,0$. массаны құрайды;

Шлактардың балку температурасы 1550–1700 °С және (100–500 Па) 1700 °С тұтқырлығы жоғары болады . Шлактың еселігі қорытпадағы кремний құрамының өсуімен артады, мысалы, ФС-45 маркалы ферросилицийді балқыту кезінде еселігі 0,02–0,04, ал ФС-75 үшін тиісінше 0,04–0,06 құрайды.

Пеш газының құрамы келесідей, көлемді,%: $\text{CO} = 70\text{--}87$; $\text{H}_2 = 0,35\text{--}6,0$; $\text{CO}_2 = 1,6\text{--}7,2$; $\text{O}_2 = 0,2\text{--}1,3$. Ферросилицийді балқыту үшін қолданылатын шихта материалдарының химиялық құрамы 3.4-кестеде келтірілген.

Ферросилицийдің әртүрлі маркаларын өнеркәсіптік өндіру кезіндегі шикіқұрамның құрамы 3.6-кестеде келтірілген.

Балқыту өнімдері арасында элементтердің таралуы 3.6-кестеде көрсетілген.

3.4-кесте – Шихта материалдарының химиялық құрамы

Шихталық материалдар	Компоненттердің құрамы, масс. %						
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	TiO ₂
Кварцит	96,4	0,4	1,0	0,6	0,3	0,015	0,07
Кокстың күлі	49,0	25,0	22,0	2,1	1,0	0,24	---
Болат жоңқасы	Fe = 92 – 45%						
Графиттелу қалдықтары	$\frac{31,6}{35,4}$	SiC = 23,1 – 26,4 %;					$C_T = \frac{32,6}{36,1} \%$
Кокс ұнтағы	$C_T = \frac{83,7}{89,2} \%$; күл $= \frac{10,0}{12,9} \%$; ұшпа заттар $= \frac{0,5}{2,1} \%$; $S = \frac{0,84}{1,80} \%$						

3.5-кесте – Шихтаның салынатын қабаттың құрамы

Шихта құрамы	Өлше м бірлігі	Ферросилиция маркасы				
		ФС 20	ФС 25	ФС 45	ФС 65	ФС 75
Кварцит	кг	150	150	300	300	300
Құрғақ кокс ұнтағы	кг	70–75	70–75	135–140	140–145	140–145
Болат жоңқасы	кг	310	210	185	70	33

Колошникті шаңның құрамы, масс. %:

$$\frac{SiO_2}{74,6 - 83,9}; \frac{Al_2O_3}{0,3 - 0,8}; \frac{CaO}{0,3 - 0,7}; \frac{S_{жалпы}}{3,0 - 5,1}; \frac{SiC}{0,4 - 2,2}; \frac{C_{жалпы}}{3,3 - 5,4}; \frac{Fe_{жалпы}}{1,2 - 3,1}$$

Әр түрлі маркалы ферросилицийді балқыту кезіндегі шихта материалдарының, электр энергиясының шығыны 3.7-кестеде келтірілген.

3.6-кесте – Элементтердің тарлауы

Қорытпа маркасы	өтеді, %	Элемент							
		Si	Fe	Al	P	S	Ca	Ba	Mg
ФС-20	металға	98	98	35	50	–	12	3	6
	шлакқа	2	1	45	–	2	60	90	85
	Ұшып кетуі және де басқа шығындар	–	1	20	50	98	28	7	9
ФС-25	металға	98	98	35	50	–	14	4	7
	шлакқа	2	1	45	–	2	60	88	83
	Ұшып кетуі және де басқа шығындар	–	1	20	50	98	26	8	10
ФС-45	металға	98	98	35	50	–	14	5	8
	шлакқа	2	1	45	–	2	55	85	80
	Ұшып кетуі және де басқа шығындар	–	1	20	50	98	31	10	12
ФС-75	металға	98	98	55	50	–	25	10	15
	шлакқа	2	1	30	–	2	50	80	75
	Ұшып кетуі және де басқа шығындар	–	1	15	50	98	25	10	10

3.7-кесте – Негізгі шығын көрсеткіштері

Қорытпа маркасы	Пеш түрі	1 базаға шығын т., кг				Электроэнергиясының шығыны, кВт·сағ/т	Алу Si, %
		кварцит	Болат жоңқасы	Көкс ұнтағы	Электродтық масса		
ФС-90	РКО	2600	20	1200	48	12500	89,3
ФС-75	РКО	1785	223	840	54	8490	92,3
	РКЗ	1930	250	845	54	8840	91,8
ФС-65	РКО	1520	325	670	45	7400	94,9
	РКЗ	1600	370	750	41	7610	92,1
ФС-45	РКО	1015	560	485	19	4580	97,9
	РКЗ	1050	570	450	16	4756	98,2
ФС-25	РКЗ	520	780	280	10	2819	98,5
ФС-20	РКЗ	370	810	200	10	2150	94,3

Ферросилиций пештен периодты , оның жиналуына байланысты шығарылып отырады. Ферросилиций шамотпен шегенделген шөмішке шығарылады және конвейер түріндегі құю машинасында

құйылады. Ферросилицийдің балқу температурасы мен тығыздығы 3.8-кестеде келтірілген.

3.8-кесте – Әр түрлі маркалы ферросилицийдің балқу температурасы мен тығыздығы

Көрсеткіштер	ФС-20	ФС-25	ФС-45	ФС-65	ФС-75	ФС-90
	құрамындағы кремний мөлшері, мас. %					
	19–23	23–27	41–47	63–68	74–80	Более 89
Балқыту температурасы, °С	1190–1250	1190–1320	1210–1300	1210–1250	1210–1315	1210–1315
Жорамал тығыздығы 10^3 , кг/м ³	6,7 дейін	5,2–6,5	4,9–5,4	3,1–3,6	2,8–3,1	2,4–2,5

3.2.3 Зертханалық қондырғы, құралдар, материалдар. РКО-0,16 кенді тотықсыздандырушы үш фазалы электр пеші. Шихта қабаттарын өлшеуге арналған таразы және шихтаны араластыруға және сақтауға арналған металл қорап. Қалақтар, шыбықтар, оқшауланған тұтқалары бар қысқыштар. Қаңылтыр таба мен балқытуларды бөлуге үшін құрал-саймандар. Потенциометрі бар термопара.

Электр кедергі пешінде балқыту жүргізу кезінде Тамман пеші, графитті тиглдер, термопара, потенциометр, әртүрлі таразылары бар техникалық таразылар, қысқыштар, қалақтар, оқшауланған тұтқалары бар шыбықтар және басқа да құралдар пайдаланылады.

Шихта материалдары: кварцит, кокс ұнтақтары, темір жоңқасы.

3.2.4 Жұмысты жүргізу тәртібі мен әдістемесі. Зертханалық жұмысты бастамас бұрын студенттер:

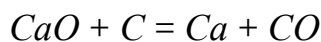
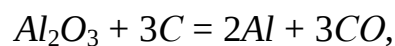
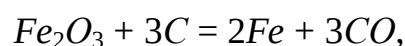
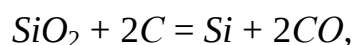
- қауіпсіздік техникасы ережелерімен және жұмыс мазмұнымен танысу;
- электр пешінің құрылымы мен электр жабдықтарын меңгеру және оның техникалық мәліметтерін жазу;
- электр пешінің эскизін, оның шегенін сызуды және қосудың электр схемасын орындау;
- шихта материалдарымен танысу;
- шихтаның қысқаша есебін орындау керек;
- шихта темір қабатының құрамын анықтау;
- шихта материалдарының, электр энергиясының және элементтерді бөлудің шығын коэффициенттерін есептеу әдістемесімен танысу;
- өзіндік жұмыстың мазмұнымен және өткізуімен танысу;

- Есепті рәсімдеу талаптарымен, жұмысты қорғау тәртібімен танысу.

3.2.5 Білім алушылардың өзіндік жұмысы. Өздік жұмыста шихтаны есептеуді, шихталық материалдар мен электр энергиясы шығысының көрсеткіштерін, кремнийді алу коэффициенттерін жүргізуді, ПТ және КС шешімін, бақылау сұрақтарына жауап дайындауды қамтиды. Өзіндік жұмыс зертханалық жұмыс кезінде тікелей оқытушының басшылығымен жүзеге асырылады.

3.2.6 ФС-20 балқыту үшін шикіқұрамды есептеу. Ферросилицийдің өндірістік міндетін сипаттау МЕСТ 4715-78 сәйкес жүргізіледі. Есептеу М.И. Гасик әдісі бойынша жүргізіледі [23]. Қорытпаны балқыту үшін химиялық құрамы 3.4-кестеде келтірілген кварцит, кокс ұнтағы, болат жоңқалары қолданылады. Оксидтерді тотықсыздандыру және элементтердің таралуы 3.9-кестеде келтірілген.

Кварцит оксиді мен кокс ұнтағының күлінің тотықсыздану реакцияларына сәйкес келеді деп қабылдаймыз



3.9-кесте – Оксидтер мен элементтердің тарлауы

Оксидтердің тотықсыздануы, %			элементтердің тарлауы, %		
оксид	Тотықсызданады	Шлакқа өтеді	элемент	Металға өтеді	Ұшпа заттар және басқа да шығындар
SiO_2	98	2	Si	94	6
Fe_2O_3	99	1	Fe	99	1
Al_2O_3	55	45	Al	90	10
CaO	40	60	Ca	70	30

3.3.1 Міндеттің қойылуы. Анықтау: тотықсыздандыруға арналған кокс ұнтақтарының мөлшері, түзілетін ферросилиций мөлшері және темір қабатының құрамы?

Шихтаны есептеу 10 кг кварцит үшін жүзеге асырылады:

а) оксидтерді тотықсыздандыру кезінде оттегін байланыстыру үшін оның қажеттілігі бойынша кокс ұнтағының мөлшерін анықтау.

$Q_{KB} = 10$ кг кварциттен оксидтерді тотықсыздандыру кезінде бөлінетін оттегінің мөлшері 2.9-кестеде келтірілген.

3.10-кесте – Көміртегімен реакцияға түсетін $q^{KB}_{O_2}$ кварцит оттегінің мөлшерін есептеу

Оттегі	Кварциттен тотықсызданатын оксидтер, кг	Тотықсызданғанда оттегі бөлінеді, кг
SiO_2	$Q_{KB} \{ \% SiO_2 \}_{KB} \cdot \eta_{SiO_2} \cdot 10^{-2} = q_{SiO_2}$	$q_{SiO_2} 32/60 = q^{SiO_2}_{O_2}$
Fe_2O_3	$Q_{KB} \{ \% Fe_2O_3 \}_{KB} \cdot \eta_{Fe_2O_3} \cdot 10^{-2} = q_{Fe_2O_3}$	$q_{Fe_2O_3} 48/160 = q^{Fe_2O_3}_{O_2}$
Al_2O_3	$Q_{KB} \{ \% Al_2O_3 \}_{KB} \cdot \eta_{Al_2O_3} \cdot 10^{-2} = q_{Al_2O_3}$	$q_{Al_2O_3} 48/102 = q^{Al_2O_3}_{O_2}$
CaO	$Q_{KB} \{ \% CaO \}_{KB} \cdot \eta_{CaO} \cdot 10^{-2} = q_{CaO}$	$q_{CaO} 16/56 = q^{CaO}_{O_2}$
мұндағы η_{SiO_2} , $\eta_{Fe_2O_3}$, $\eta_{Al_2O_3}$, η_{CaO} – тотықсызданған оттегі мөлшері .		Барлығы: $\sum q^{KB}_{O_2}$

$\sum q^{KB}_{O_2}$ кокс ұнтағының күлін көміртегі тотығына байланыстыру үшін көміртегі қажет: $\sum q^{KB}_{O_2} 12/16 = q^{KB}_{C_1}$ Көміртегінің бір бөлігі кокс ұнтағының күлінің оксидтерін тотықсыздандыруға жұмсалады. Тотықсыздандыру кезінде кокс ұнтағының көміртегімен кокс ұнтағы күлі оксидтерінің байланысқан оттегімен мөлшері 3.11-кестеде келтірілген.

3.11-кесте – Көміртеппен әрекеттесетін $q^{3K}_{O_2}$, кокс ұнтағы күлінің оттегі мөлшерін есептеу

Оксид	100 кг кокс ұнтағына күл оксидтері тотықсызданады, кг	Тотықсыздануда оттегі бөлінеді а, кг
SiO_2	$\%A^c \{ \% SiO_2 \}_{3K} \cdot 0,98 \cdot 10^{-2} = q_{SiO_2}$	$q_{SiO_2} 32/60 = q^{SiO_2}_{O_2}$
Fe_2O_3	$\%A^c \{ \% Fe_2O_3 \}_{3K} \cdot 0,99 \cdot 10^{-2} = q_{Fe_2O_3}$	$q_{Fe_2O_3} 48/160 = q^{Fe_2O_3}_{O_2}$
Al_2O_3	$\%A^c \{ \% Al_2O_3 \}_{3K} \cdot 0,55 \cdot 10^{-2} = q_{Al_2O_3}$	$q_{Al_2O_3} 48/102 = q^{Al_2O_3}_{O_2}$
CaO	$\%A^c \{ \% CaO \}_{3K} \cdot 0,44 \cdot 10^{-2} = q_{CaO}$	$q_{CaO} 16/56 = q^{CaO}_{O_2}$
мұндағы $\%A^c$ – кокс ұнтағындағы күл құрамы, мас.%.		Всего: $\sum q^{3K}_{O_2}$

$\sum q^{3K}_{O_2}$ кокс ұнтағының күлін көміртегі тотығына байланыстыру үшін көміртегі қажет: $\sum q^{3K}_{O_2} \cdot 12/16 = q^{3K}_{C_2}$. 100 кг кокс ұнтағында көміртегі құрамы – ($C_{жалпы}^K$, %) немесе q^K_C , кг, т.к. ($\% C_{жалпы}^K$) = q^K_C . Кварцит оксидтерін тотықсыздандыру үшін кокс ұнтағының белсенді көміртегі жұмсалады, ол келесідей есептеледі

$$q^K_C - q^{3K}_{C_2} = q^{K}_{C_{акт}} = (\% C^{K}_{акт}).$$

Кварцит оксидтерін тотықсыздандыру үшін ($Q_{KB} = 10$ кг) кокс ұнтағы қажет

$$q_{C1}^{KB} / (\%C_{акт}^K) \cdot 10^2 = Q_K$$

Колошникте кокс ұнтағының ұшпа заттарын (10%) ескере отырып, барлық қажетті кокс ұнтағының мөлшері

$$Q_K / 0,90 = Q_K;$$

б) ферросилицийдің жалпы массасын анықтау.

Кварцит пен кокс ұнтағының күлінен тотықсыздандыру элементтер санын есептеу және олардың таралуы 3.11 және 3.12-кестелерде келтірілген.

3.12-кесте – Элементтердің таралуы

Элементтер	Ферросилицияға өтуі, кг	Тотықсыздандыруда бөлінетін оттегі, кг
<i>Si</i>	$q_{Si} \cdot \eta_{Si} = q_{Si}^{FC}$	$q_{Si} - q_{Si}^{FC} = q_{Si}^{Ул}$
<i>Fe</i>	$q_{Fe} \cdot \eta_{Fe} = q_{Fe}^{FC}$	$q_{Fe} - q_{Fe}^{FC} = q_{Fe}^{Ул}$
<i>Al</i>	$q_{Al} \cdot \eta_{Al} = q_{Al}^{FC}$	$q_{Al} - q_{Al}^{FC} = q_{Al}^{Ул}$
<i>C</i>	$q_{Ca} \cdot \eta_{Ca} = q_{Ca}^{FC}$	$q_{Ca} - q_{Ca}^{FC} = q_{Ca}^{Ул}$
	Всего: $\sum q_{Эл}^{FC}$	Всего: $\sum q_{Эл}^{Ул}$
мұндағы η_{Si} , η_{Fe} , η_{Al} , η_{Ca} – қорытпаға өтетін элементтер.		

Берілген маркадағы ферросилицийді балқыту кезінде ондағы кремний мөлшері МЕСТ 1415 сәйкес келуі керек. Осыған сүйене отырып, металдың жалпы массасы Q_{Me} , кг тең

Сонымен бірге темір

$$Q_{Me} = \frac{q_{Si}^{FC}}{[\%Si]_{ГОСТ}} \cdot \left(Q_{Fe} - \sum q_{Эл}^{FC} \right) \quad (3.1)$$

Сонымен қатар бұл жағдайда жоңқалар қажет Q_{FeC} жоңқасы, кг

$$\left(\frac{q_{Fe}}{[\%Fe]_{Стружка}} \right) \cdot 10^{-2} = Q_{FeC} \quad (3.2)$$

Металл салымының қабатының есептік құрамы, кг

- кварцит- $Q_{KB} = \dots$
- кокс ұнтағы- $Q_K = \dots$
- темір жонқасы- $Q_{FeCжонқасы} = \dots$

3.3.2 ферросилицийдің бір базалық тоннасына жұмсалатын шығын коэффициенттері мен электр энергиясын анықтау:

- а) шихта материалдарының шығыны келесідей анықталады:
 - берілген метал салымының қабаттар саны- n ;
 - шихта компонентінің есептеу бойынша салмағы, кг- Q_i ;

мұндағы $Q_i - Q_{KB}, Q_K, Q_{FeCжонқасы}$
 - i -ші шихта компонентін балқытуға берілгендердің барлығы: $\sum Q_i \cdot n$, кг.
 P – шығарылымдарда алынған ферросилицийдің массасы тең болады

$$\sum Q_{Me} = q_1^{Me} + q_2^{Me} + q_3^{Me} + \dots + q_P^{Me}, \quad (3.3)$$

мұндағы $q_1^{Me}, q_2^{Me}, q_3^{Me}$ – әрбір шығарылым бойынша металл массасы

Шихта материалдарының шығысы q_m , кг/ нат. т алынған ферросилицийдің 1 тоннасына

$$\frac{\sum Q_i \cdot 10^3}{\sum Q_{Me}} = q_m \quad (3.4)$$

Осы схема бойынша шығын коэффициенттері есептеледі q_B , кг/баз. т, барлық шихта компоненттері үшін 1 тоннаға мынадай өрнектермен

$$\frac{q_H [\%Si]_{опытн.}}{[\%Si]_{баз} ГОСТ} = q_B, \quad (3.5)$$

мұндағы $[\%Si]_{баз}$ МЕСТ – берілген маркадағы ферросилиция құрамындағы кремнийдің базалық құрамы

б) Электр энергиясының шығыны $q_{эл.эн.}$, кВт·сағ, пешті өшіргеннен кейін және пешке шихтаның бірінші порциясы үшін есептеуіш көрсеткіштерінің айырмасы бойынша белгіленеді

$$Q_{эл.эн}^{кон} - Q_{эл.эн}^{нвя} = q_{эл.эн}. \quad (3.6)$$

1 нат. т қорытпа шығыны $q_{эл.эн.}^H$, кВт·сағ/нат. т

$$\frac{q_{эл.эн.}^{10^3}}{Q_{Me}} = q_{эл.эн.}^H.$$

1 баз. т қорытпа шығыны $q_{эл.эн.}^B$, кВт·сағ/нат. т

$$\frac{q_{эл.эн.}^{10^3} [\%Si]_{опытн.}}{Q_{Me} [\%Si]_{баз} (ГОСТ)} = q_{эл.эн.}^B.$$

в) балқыту өнімдері арасындағы кремний мен темірді анықтауды есептеу.

Шихтасы бар пешке түскен кремнийдің q_{Si}^{3K} жалпы мөлшері, кг

$$\sum Q_{KB} \cdot \langle \%SiO_2 \rangle_{KB} \cdot \frac{28}{60} \cdot 10^{-2} = q_{Si}^{3K},$$

$$\sum Q_K \cdot \%A^C \cdot \langle \%SiO_2 \rangle_{3K} \cdot \frac{28}{60} \cdot 10^{-2} = q_{Si}^{3K},$$

$$q_{Si}^{шух} = q_{Si}^{KB} + q_{Si}^{3K},$$

мұндағы $\sum Q_{KB}$, $\sum Q_K$ -пешке берілген кварцит пен кокс ұнтағының жалпы саны, кг.

Ферросилицийге өткен кремнийдің жалпы мөлшері:

$$q_1^{Me} [\%Si]_1 + q_2^{Me} [\%Si]_2 + \dots + q_p^{Me} [\%Si]_p = q_{Si}^{Me}, \text{ кг.}$$

мұндағы $q_1^{Me} \dots q_p^{Me}$ -бір шығарылымдағы металдың массасы, кг.

Кремнийдің ферросилицийге ауысу дәрежесі η_{Si}^{Me} , %, құрайды

$$\eta_{Si}^{Me} = \langle q_{Si}^{Me} / q_{Si}^{шух} \rangle \cdot 10^2 \quad (3.7)$$

Темірдің ферросилицийге өтуін сол схема бойынша есептеу жүргізіледі.

3.3.3 Сынақтық балқытуды жүргізу. Электр пештерінде сынақтық балқытуды жүргізу кезінде:

- қажетті құралдар мен материалдарды дайындау;
- пешті қыздыру;
- есептелген салынба қабат құрамына сәйкес шихта материалдарын алдын ала ұнтақтау, тарату және өлшеу;
- қораптағы барлық шихта материалдарын мұқият араластыру және шихтаны балқытуға дайындау;
- электр есептегіштердің бастапқы деректерін жазу;
- жабық тұрған салғышпен үздіксіз процесспен пештің жұмыс істеуі үшін шихта материалдарын біртіндеп жүктеу;
- жүктемені жинау және берілген балқыту режимін ұстап тұру.

Материалдардың химиялық құрамын 3.13-кестеге, электр жабдықтарының техникалық деректерін 3.14-кестеге жазу керек.

3.13-кесте – Материалдардың химиялық құрамы

Шихталық материалдар	Компоненттердің құрамы, %					

3.14-кесте – Электржабдықтарының техникалық сипаттамалары

Аспаб	Түрі	Шкаласы	Бөлім шамасы

3.3.3.1 Технологиялық процестің қалыпты барысы қамтамасыз етіледі:

- пешке дұрыс есептелген, дайындалған және өлшенген шихтаны біркелкі тиеумен;
- тесіктерсіз колошниктің бүкіл беті бойынша пеш газдарының біркелкі бөлінуі;
- колошникте жентектелген жерлердің болмауы;
- электродтар айналасында газдардың біркелкі бөлінуі;
- электродтар айналасындағы шихтаның біркелкі түсуімен;
- оңтайлы электр режимін таңдау және шихта материалдарын электр кедергісі қажеттілігімен анықталатын электродтардың тұрақты және терең орналасуы;
- барлық фазалар бойынша бірдей электр жүктемесімен;
- шығарудағы металл мен қождың қалыпты температурасымен;
- әр шығарылымда сұйық жылжымалы қождың шығуы.

3.3.3.2 Технологиялық режимді жүргізу кезінде:

- электр балқыту режимін жазу;
- балқыту хронометражын жүргізу (кезекші);
- металл шығаруды басшының нұсқауы бойынша оқу шеберінің қатысуымен жүзеге асыру;
- шығарғаннан кейін балқыту өнімдерін (металл, қож) бөлек өлшеу;
- экспресс-талдау үшін металл сынамасын алу;
- балқытудың соңында пешті өшіріп, есептегіштің көрсеткіштерін жазып, жұмыс орнын тазалау және ретке келтіру.

Эксперименттік балқытудың нәтижелерін 3.15-кестеге жазу керек.

3.15-кесте – Тәжірибелік балқымалардың деректері

Көрсеткіштер	Шығарылым сандары						Ескерту
	1	2	3	4	5	6	
Санағыштар көрсеткіштері: а) шихтаның бірінші бөлігін берудің алдында; б) пешті өшіргеннен кейін							
Колош шығыны Металдың салмағы, кг Қорытпаның химиялық құрамы, Масс. % - Si - Fe							

Қорытпаның бір базалық тоннасына шихата мен электр энергиясының шығын коэффициенттерін анықтау керек. Алынған деректер 3.16-кестеге жазу қажет.

3.16-кесте – Ферросилицийді балқыту көрсеткіштері

Шихта материалдары және электр энергиясы	Өлшем бірлігі	Қорытпаның бір тоннасына жұмсалатын шығын	
		Натуралды тоннасы	Базалық тоннасы

Алынған мәліметтерді 3.17-кестеге жазу арқылы кремний мен темірдің фазалары арасындағы таралуын анықтаңыз.

3.17-кесте – Элементтердің таралуы

Элемент	Металлаға өтеді, %	Шлакқа өтеді, %	Ұшпа заттар және басқада шығындар, %
Кремний			
Темір			

Зертханалық эксперименттің алынған нәтижелері негізінде және жұмыс жетекшісінің тапсырмасына сәйкес жұмыстың зерттеу сипатына байланысты барлық қажетті есептеу және графикалық материалдарды орындау; Оқытушының тапсырмасы бойынша жеке тапсырмаларды шешу.

3.3 GW-MF-25 индукциялық электр пешінің құрылымы мен электр жабдықтарын зерттеу. Зертханалық жұмыс № 3

3.3.1 Жұмыстың мақсаты: GW-MF-25 индукциялық электр пешінің құрылымы мен электр жабдығын зерттеу 3.3-суретте көрсетілген.

3.3.2 Негізгі мәліметтер: Электр пешінің негізгі техникалық параметрлері 3.18-кестеде келтірілген. Портативті орташа жиілікті индукциялық пеш негізгі тораптардан тұрады:

- балқыту торабы;
- конденсаторлық батарея;
- орташа жиілікті түрлендіргіш;
- сумен суытылатын кабелдер;
- салқындату станциялары.



3.3-сурет – GW-MF-25 индукциялық электр пеші

Балқыту қондырғысы магниттік тізбекті пайдаланбай жасалады және корпусының ішіне қатты бекітілген су салқындататын индукторды қамтиды.

3.18-кесте – Электр пешінің негізгі техникалық параметрлері

Параметрлер атауы	Мәні
Пештің номиналды сыйымдылығы:	
- болат / шойын	5
- мыс	5,5
- алюминий	1,7
Кіріс қуаты, кВА	25
Кірудегі ток күші, А	10–70
Қоректендіру желісінің кернеуі	~ 3Ф/380 В/50(60)Гц
Шығу кернеуі, В	70–550
Инвертердегі ток жиілігі, кГц	1–20 (автоматты түрде реттеледі)
Жұмыс циклі, сағат	24 (100 %)
Балқу жылдамдығы, кг/сағ	
– жез	25
Су шығыны, л / мин	
- конденсатор батареясы және индуктор	6 3
- түрлендіргіш	
Судың температурасы, °С	
- кіре берісте	5–35
- шығу кезінде	50

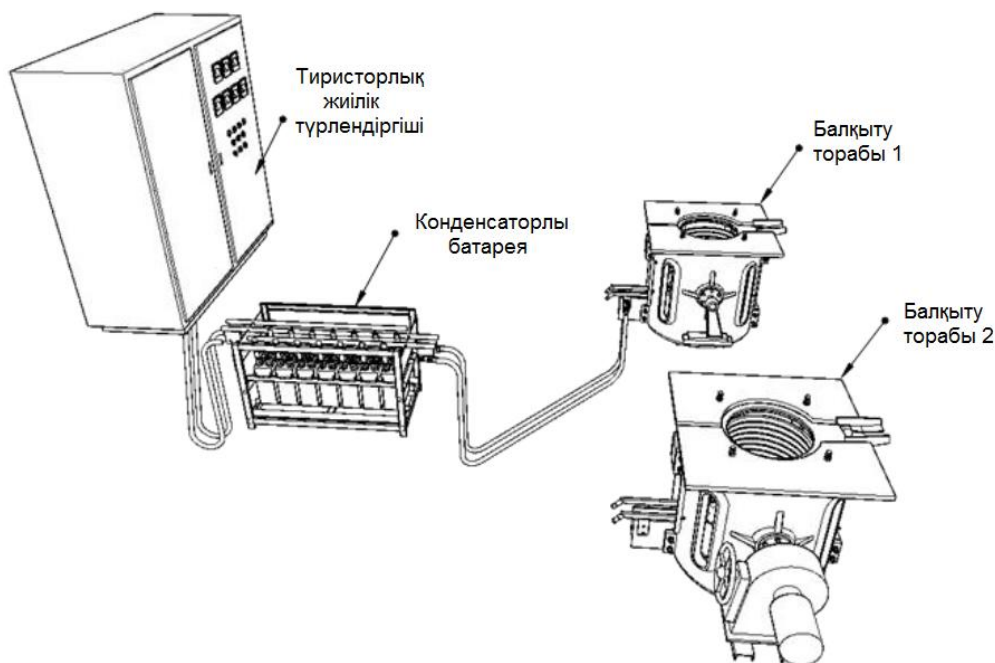
Сумен салқындатылатын электр пеші индукторы жоғары сапалы электр техникалық мыстан жасалған қуыс профильден жасалған көп айналымды катушка болып табылады.

Индуктор берілген кернеудің айнымалы электромагниттік өрісін құруға арналған. Негізгі мақсаттан басқа, ол сонымен қатар балқыту отбқырдың механикалық және жылу жүктемесін қабылдайтын және көбінесе пештің сенімділігін анықтайтын маңызды құрылымдық элемент ретінде қызмет етеді.

Электр пешінің индукторы қамтамасыз етілуі керек:

- ең аз электр шығындары;
- салқындатқыш судың қажетті шығыны;
- орамдарды сенімді электрлік оқшаулау;
- қажетті механикалық беріктік пен жеткілікті қаттылық.

Электр тогы мен салқындатқыш суды индукторға жеткізу икемді су салқындататын кабельдермен жүзеге асырылады және де ол төмендегі 3.4-суретте келтірілген.



3.4-сурет – пешті қосу схемасы

Балқыту түйінінің жақтауы болат швеллерінен жасалған. Балқыту торабы корпусының бүйір қабырғалары алюминий пластиналардан, едені және жоғарғы пластина асбоцементтен жасалған. Алдыңғы және артқы қабырға қысқа тұйықталған электр контурын жасамас үшін қосымша оқшаулауды қамтамасыз ететін текстолит парақтарынан жасалған. Балқыту қондырғысының барлық қабырғалары жаңғақтармен жез болттармен қосылады.

Балқыту қондырғысының бүйірлерінде электр пешінің тірек-бұрылу механизмі бекітілген ернемектер бар. Тірек-бұрылу механизмі білік қорабынан және редукторды төмендететін механикалық жетектен тұрады. Редуктор балқыту торабының қолмен бұралатын сермермен жабдықталған.

Электр пеші терілмелі едені бар. Болатқа, шойынға және мыс қорытпаларына арналған электр пешінің тигелі қышқыл, негізгі, бейтарап, сондай-ақ заманауи композициялық баспа массаларынан жасалуы мүмкін. Мыс пен мыс қорытпаларын балқыту үшін құрамында көміртегі көп графит-шамот тигельдерін немесе тигельдерді қолдану ұсынылады (төсеніш құрамындағы көміртек негізгі компонент болуы керек). Тигльдің жағдайын бақылау визуалды орындалады.

Пешті электрмен жабдықтау қазіргі заманғы Орта жиілікті транзисторлық жиілік түрлендіргіштен (ТРН) жүзеге асырылады, ол реттелетін түзеткіштің схемасы бойынша, содан кейін инверсиямен жүзеге асырылады.

Түрлендіргішті қорғау жүйесі электр электроникасын шамадан тыс кернеуден, индуктордың тұйықталуынан, инверсияның бұзылуынан, фазалық қателіктен, салқындатқыш судың берілуінің бұзылуынан, сондай-ақ басқа да төтенше жағдайлардың дамуынан қорғайды.

Электр пешінің конденсаторлық батареясы алюминий корпусында RFM сериялы жоғары сыйымдылықты заманауи сумен салқындатылатын конденсаторлық блоктарды қолдану есебінен габариттері бар. Электр термиялық RFM конденсаторларының саны мен маркасы электр пешінің жобалық қуатына сәйкес келеді және электр пешінің резонанстық тізбегінің қуатына қажетті сыйымдылықты өтеуді қамтамасыз етеді.

Суды салқындату су сорғысы мен салқындату мұнарасының көмегімен жүзеге асырылады.

3.3.3 Электр пештерін пайдалану жөніндегі талаптар. Электр пешінің қалыпты жұмыс істеуі үшін келесі алдын-алу шараларын жүргізу қажет:

- механизмдерді кірден және шаңнан сығылған ауамен үнемі тазартып отыру;
- электр пешін мұқият қарап шығу, тетіктер мен тораптардың бекітілуін тексеру;
- су құбыры шлангілері мен ток өткізгіш кабельдердің қосылыстарын тексеру;
- пештің еңкею механизмiнiң жарамдылығын тексеру;
- жиынтықтаушы жабдықты, сондай-ақ басқару аппаратурасын техникалық байқауды және ағымдағы жөндеуді жүргізу.

Жөндеу жұмыстары кезінде, сондай-ақ жұмыстағы ұзақ үзілістер кезінде суды салқындатудың барлық тармақтарынан ағызып, оны сығылған ауамен үрлеу қажет.

Электр пешін әрбір іске қосу алдында тигельді мұқият тексеру қажет. Тигельде жарықтар, дөңестер, ойықтар болмауы тиіс

Металды ағызғаннан кейін тигельді қақтан қырғышпен абайлап тазарту қажет. Электр пешін пайдалану кезінде тигль бойынша механикалық соққыларға жол берілмейді.

Электр пешін пайдалану кезінде оқу шебері немесе оқытушы балқыту деректерін, пеш жұмысының электрлік және технологиялық көрсеткіштерін, ауысымдарды беруді, өндіріске рұқсатты тіркейтін журнал жүргізу қажет.

3.3.4 Зертханалық жұмыстарды жүргізу кезіндегі қауіпсіздік техникасы:

- пеште жұмыс істейтін қызметкерлер (білім алушылар) қауіпсіздік техникасы бойынша нұсқаулықтан өтуі тиіс ;

- электр пештерінде жұмыс істеу кезінде студенттерде жеке қорғаныс құралдары және жарамды арнайы киім, арнайы аяқ киім болуы тиіс;

- электр пешіндегі жұмыс электр пеші мен оның жабдықтарын пайдаланатын электр техникалық қондырғыларға қызмет көрсету ережелері мен нормаларына сәйкес жүргізілуі тиіс, пеште жұмыс істеу кезінде электр пешінің қалыпты жұмысы мен қызмет көрсетуші жұмысшылардың қауіпсіздігі байланысты болатын негізгі ережелерді нақты білу, есте сақтау және мүлтіксіз орындау қажет;

- электр пеші қосылған кезде қандай да бір жұмыстар жүргізбеу (шихтаны толық жүктеу, тегістеу, сынамалар алу, телімдерді енгізу, металл температурасын өлшеу және т. б.);

- электр жабдықтары мен электр бөлігін жөндеуді университеттің электр монтерлерінің атынан арнайы тағайындалған адамдар немесе пештің құрылғысымен, электр пешінің жұмыс принципімен және осы оқу құралымен, пайдалану жөніндегі нұсқаулықпен танысқан және қауіпсіздік техникасы бойынша төртінші топтан төмен емес біліктілігі бар оқу шебері орындауы тиіс;

- пеш пен оның жабдықтарын жөндеу бойынша барлық жұмыстар кернеу алынған кезде жүргізілуі тиіс, бұл ретте кернеудің кездейсоқ қосылу мүмкіндігін болдырмайтын шаралар қабылдануы тиіс. Электр жабдықтарында жұмыс басталар алдында жабдықтың ток өткізгіш бөліктерінде кернеудің жоқтығына көз жеткізу қажет;

- электр пешінің жанында құмы бар жәшіктер, өрт сөндіргіш және басқа да өртке қарсы құрал-саймандар орнатылуы тиіс;

- жоюды тек пеш ажыратылған кезде ғана орындау керек;

- конденсатор батареясына және ток жүктемесінің астындағы басқа да ток өткізгіш элементтер мен тораптарға жанасуға тыйым салынады, себебі бұл өмірге қауіпті;

- электр пешінің жерге тұйықталуын мезгіл-мезгіл тексеру қажет;

- егер шығудағы судың температурасы 70 градустан асса., содан кейін пештің жұмысын тоқтатып, металдың апаттық шығарылуын орындаңыз. Содан кейін тигельді тексеріңіз;

- пеш авариялық тоқтаған кезде пешті салқындату сериясы жұмыс істей алмайды, сондықтан индукторды ағынды сумен авариялық сумен салқындатуды қамтамасыз ету қажет (бұл пеште индуктордың авариялық суыту жүйесі ретінде су сорғысы қызмет етеді, сондықтан электр пешінің қоректенуіне қарамастан электр желісіне қосылған сорғы);

- электр жабдықтарын жөндеудің барлық жағдайларында кернеуді өшіру қажет;
- электр пешінің қалыпты жұмысы бұзылған барлық жағдайларда электр пешінің қоректенуін ажырату қажет;
- жұмыс барысында, әсіресе балқыманы төгу кезінде төсеніш балқыту қондырғысының корпусынан төгіліп кетпеуін бақылау керек. Бөртпе анықталған кезде, тигельді алып тастаңыз, индуктордың қақпағын жөндеңіз және жаңа тигельді орнатыңыз;
- индуктор қосылған кезде, электр пешінің көлбеуінде сұйық металл болған кезде тыйым салынады, өйткені бұл төсеніштің бұзылуына және оның күйіп кетуіне әкелуі мүмкін;
- электр пеші автоматты түрде ажыратылған кезде оны ажырату себептері анықталғаннан және жойылғаннан кейін ғана қайта қосуға болады;
- пештен балқыманы құю кезінде индуктордағы кернеуді нөлге дейін төмендету және су салқындату шлангілерінің майысуына жол бермеу;
- электр пешінің құрамдас бөліктері «электр қондырғыларын орнату ережелеріне» сәйкес жерге тұйықталуы тиіс;
- электр пешін қосу алдында барлық қызмет көрсетуші персонал одан қауіпсіз қашықтыққа алыстатылуы тиіс;
- жұмыс істеп тұрған электр пешінде оған қызмет көрсетумен байланысты емес адамдардың болуына тыйым салынады;
- жұмыс барысында қысқа тұйықталуды болдырмау үшін ток өткізгіш бөліктер мен индукторды балқыманың немесе шихта материалдарының түсуінен қорғау қажет.

Бақылау сұрақтары

1. Индукциялық пеш қандай компоненттерден тұрады?
2. Балқыту түйінінің негізгі бөлігі қандай?
3. Индуктор қандай материалдан жасалған?
4. Индукциялық пеште қандай ток қолданылады?
5. Су салқындату жүйесі;
6. Конденсаторлық батареялар, мақсаты;
7. Индукциялық пешті пайдалану кезіндегі қауіпсіздік техникасы.

3.4 GW-MF-25 индукциялық электр пешінде қара металдарды балқыту. Зертханалық жұмыс № 4

3.4.1 Жұмыстың мақсаты: GW-MF-25 индукциялық электр пешінде шойын мен болатты балқыту.

3.4.2 Жалпы мәліметтер. Индукциялық тигель пештері (ИТП) өнеркәсіпте қара және түсті металдарды ауада да, вакуумда да, қорғаныс атмосферасында да балқыту үшін кеңінен қолданылады. Қазіргі уақытта мұндай пештер ондаған грамнан ондаған тоннаға дейін қолданылады. Тигельді индукциялық пештер негізінен жоғары сапалы болаттарды және химиялық құрамның ерекше тазалығын, біртектілігін және дәлдігін талап ететін басқа да арнайы қорытпаларды балқыту үшін қолданылады, бұл жалын және доғалы пештерде балқыту кезінде мүмкін емес.

Тигельді балқыту пештерінің артықшылықтары:

- аралық қыздыру элементтерінсіз тікелей жүктемеде энергияны бөлу.

- тигельдегі балқыманың қарқынды электродинамикалық айналымы, ұсақ шихта мен қалдықтардың тез еруін, ваннаның көлемі бойынша температураның тез тегістелуін және жергілікті қызып кетудің болмауын қамтамасыз етеді және химиялық құрамы бойынша біртекті көпкомпонентті қорытпалардың алынуына кепілдік береді.

- пеште кез-келген қысымда (вакуумдық немесе қысу пештері) кез-келген атмосфераны (тотығу, тотықсыздану, бейтарап) құрудың негізгі мүмкіндігі.

- нақты қуаттың жоғары мәндерімен қол жеткізілетін жоғары өнімділік (әсіресе орташа жиіліктерде).

- металлды тигельден толық ағызу мүмкіндігі және пештің төсенішінің салыстырмалы түрде аз массасы, бұл төсеу арқылы жинақталған жылуды азайту арқылы пештің жылу инерциясын төмендетуге жағдай жасайды. Осы типтегі пештер балқыту арасындағы үзілістермен мезгіл-мезгіл жұмыс істеуге өте ыңғайлы және қорытпаның бір маркасынан екіншісіне тез ауысуға мүмкіндік береді.

- пештің қарапайымдылығы мен ыңғайлылығы, балқыту процесін басқару және реттеу, процесті механикаландыру және автоматтандыру үшін кең мүмкіндіктер;

- балқыту процесінің жоғары гигиенасы және ауа бассейнінің аз ластануы.

Тигель пештерінің келесі кемшіліктерін атап өту қажет:

- технологиялық өңдеу мақсатында балқыманың айнасына қойылатын шлактардың салыстырмалы төмен температурасы.

Салыстырмалы түрде суық қождар металл мен қож арасындағы реакциялардың жүруін қиындатады, сондықтан тазарту процестерін қиындатады. Электр тогына бей-жай қарамайтын ИТП-дағы қож тек балқытылған металдан қызады, сондықтан оның температурасы әрдайым төмен болады

- жоғары жұмыс температурасында және жылу алмасуы болған кезде (металды толығымен ағызу кезінде төсеніш температурасының күрт ауытқуы) салыстырмалы түрде төмен кедергісі.

- электр жабдықтарының жоғары құны, әсіресе 50 Гц-тен жоғары жиіліктерде.

- қондырғыда жоғары немесе жоғары жиілікті алу көзі, сондай-ақ конденсаторлар, сондай-ақ аз меншікті кедергісі бар материалдарды балқыту кезінде болуы қажеттілігіне байланысты барлық қондырғының ПӘК неғұрлым төмен болып келеді.

Осындай қасиеттердің үйлесімі (электр жабдықтарының жоғары құны және тиімділіктің төмендігі) индукциялық тигель пештерінің көлемін анықтайды: легирленген болаттар мен синтетикалық шойындарды, түсті ауыр және жеңіл қорытпаларды, сирек кездесетін және асыл металдарды балқыту. Бұл пештердің қолданылу аясы техникалық емес, экономикалық факторлармен шектелгендіктен, электр энергиясын өндіру өскен сайын ол үнемі кеңейіп, арзан металдар мен қорытпаларды тартып алады.

Тигель пештері басқа балқыту агрегаттарымен (вагранкалармен, доғалы пештермен) кешенде жиі қолданыла бастады. Мұндай жағдайларда көрсетілген пештерде алдын ала балқытылған металл тазарту және берілген химиялық құрамға жеткізу үшін индукциялық электр пешіне түседі.

3.4.3 Индукциялық тигель пешінің жұмыс істеу принципі. Тигель пешінің жұмысы индукция арқылы энергияны бастапқы тізбектен екінші тізбекке берудің трансформаторлық принципіне негізделген. Бастапқы тізбекке берілген айнымалы электр энергиясы электромагнитке айналады, ол екінші тізбекте қайтадан электр энергиясына, содан кейін жылуға өтеді.

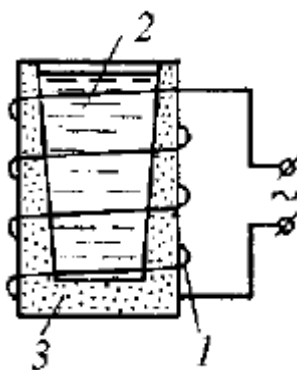
Индукциялық тигель пештерін ядрсыз индукциялық пештер деп те атайды. Пеш-бұл әдетте цилиндр пішінді, отқа төзімді материалдан жасалған және айнымалы ток көзіне қосылған индуктор қуысына орналастырылған балқыту шанышқысы 3.5-суретте көрсетілген.

Металл шихтасы (балқытуға жататын материал) тигельге тиеледі және электр энергиясын сіңіре отырып, балқытылады.

Тигель пешінде бастапқы орам – айнымалы токпен жеңілдетілген индуктор, ал екінші орам және сонымен бірге жүктеме-тигельге

салынған және өзі балқытылған металдың индуктордың ішіне орналастырылған 3.5-суретте көрсетілген.

Тигель пешіндегі магнит ағыны шихтаның өзі бойынша қандай да бір дәрежеде өтеді. Сондықтан пештің ядросыз жұмыс істеуі үшін магниттік қасиеттер, сондай-ақ заряд бөліктерінің мөлшері мен пішіні үлкен мәнге ие.



1 – индуктор; 2 – балқытпа; 3 – отқатөзімді тигель

3.5-сурет – Тигель пешінде металдарды индукциялық балқыту

3.4.4 Индукциялық пеште балқыту технологиясы. Балқыту дегеніміз-соңғы өнімді сұйық түрінде алу үшін материалдарды (металдарды) балқыту пештерінде өңдеу процесі.

Индукциялық пеште балқытудың технологиялық процесі келесі операцияларды қамтиды: шикіқұрамды тиеу, оны қыздыру және балқыту, қызып кету, көміртектендіру және шойынның химиялық құрамын берілгенге дейін жеткізу, сондай-ақ термоөңдеу (ұстау).

Жүктелетін шихта жартылай батырылады да ери отырып, тұтас электрожетекті ортаға, оның индукторы еместігін көрсетті бағыттаушы құйынды токтарды тудырады. Өнеркәсіптік жиіліктегі пештерде қалыпты пайдаланудың қажетті шарты балқытылған металды толық ағызбай, яғни қалдық сыйымдылықпен («балқымамен») пештің жұмысы болып табылады. Сұйық металға тиеу (зумпф немесе «балқыма» деп аталатын алдыңғы балқытудан қалған қалдық) қажет, өйткені зарядтың дискретті элементтерінде өнеркәсіптік жиіліктің электр тогын қолданған кезде құйынды токтарды бағыттау тиімсіз болады. Құйынды токтар металды қыздырады және ол ериді.

Массасы пештегі (пештің сыйымдылығы) металдың жалпы массасының 50% - ға жетеді және сәйкесінше балқыту кезеңдерінің ұзақтығына әсер етеді. «Балқыманың» жоғарылауымен пештің

өнімділігі едәуір артады. Бұл сұйық металдан қатты зарядқа жылу беру жағдайларының жақсаруына (сұйық металдың қарқынды қозғалысына байланысты) және пештің тұтынатын қуатының артуына байланысты. Өнеркәсіптік жиіліктегі пештердің ең ұтымды жұмыс режимі-бұл кішкене бөліктерде металды жиі таңдау, бұл тигель сыйымдылығының 20% -30% құрайды.

Әдетте металды толығымен ағызумен жұмыс істейтін орташа жиіліктегі пештерде өнімділік көбінесе зарядтың тығыздығына және оның тазалығына байланысты болады. Бұл жағдайда (тығыз төсеу кезінде) номиналды қуатқа жақын қуат тұтынылады және уақыт өте келе балқыту тез – есептелген уақытқа жақын болады.

3.4.5 Жұмысты жүргізу тәртібі. Қара металдың сынықтарын таңдаңыз (болат, түрлі маркалы шойын). Әр балқыту үшін 5 кг мөлшерінде өлшеңіз (бірнеше «қабат»). Дайындалған металл шихтаны алдын ала дайындалған тигельге салады. Пешке зарядты тиеу кезінде материалды бір-біріне мүмкіндігінше тығыз жүктеу керек екенін атап өткен жөн. Материал неғұрлым тығыз болса, материалдың электр өткізгіштігі соғұрлым жоғары болады. Материалдың жоғары электр өткізгіштігімен сәйкесінше балқыту уақыты мен электр энергиясын тұтынуды азайтуға болады.

Барлық шихта тиелгеннен кейін суды салқындату қосылады және пешті іске қосу қыздыру режиміне орнатылады. Қыздыруды 15-30 минут ішінде жүргізеді, қай шикіқұрамға, химиялық құрамның әр түрлілігіне, ірілігіне және т.б. байланысты. Шикіқұрамды қыздырғаннан кейін «балқыту» режимі қосылады.

Технологиялық процесті визуальды бақылаймыз. Пештің электр режимі автоматты басқару жүйесімен басқарылады

Металл бетінде қож пайда болғаннан кейін, ол тек металл температурасына байланысты қызады, сіз металл қорытпасы негізінде флюс түзетін материалдарды (эктас, әк, доломит, плавик шпаты) жүктей аласыз.

Балқытылған металл пештен алдын ала қыздырылған құю шелегіне құйылып, балқыту қондырғысының қолмен көлбеуін реттейді. Химиялық талдауды анықтау үшін алдын-ала сынама алу.

Металл шөміште кристалданғаннан кейін құйма құю шөмішінен шығарылады.

Процесті жүргізу кезінде пеш журналына балқытудың электрлік және технологиялық параметрлерін енгізу қажет.

Шойын мен ферроқорытпа өндірісі аналогиялық тұрғыдан жүргізілуде. Шойын өндірісі үшін шойын сынықтарының қалдықтарын қолданамыз. Ферроқорытпалар үшін алдын ала

феррокорытпалардың кесектері ерітіледі, «балқымаларды» бағыттау үшін және одан кейін металл шаң немесе металдандырылған шекемтастар түріндегі шикікұрам салынады.

Жоғары көміртекті феррохромды өндіру үшін келесі материалдар қолданылады:

- аспирациялық шаң;
- хром шекемтастары;
- феррохром.

Марганец қорытпаларын өндіру үшін:

- аспирациялық марганец шаңы;
- марганец шекемтастары;
- ферросиликомарганец.

Алюминий қорытпаларын өндіру үшін:

- металл сынықтары (болат);
- агломерат (металдандырылған);
- алюминий өндірісінің қалдықтары (құрамында алюминий бар қождар).

3.3.5 Зертханалық жұмыстарды жүргізу кезіндегі қауіпсіздік техникасы:

- пеште жұмыс істейтін қызмет көрсетуші персонал (білім алушылар) қауіпсіздік техникасы бойынша нұсқаулықтан өтуі тиіс;

- электр пешімен жұмыс істеу кезінде білім алушыларды жеке қорғаныш құралдары (дулыға, көзілдірігі бар маска, респиратор, вачегалар немесе брезент қолғаптар) және жарамды арнайы киім, арнайы аяқ киім болуы тиіс;

- электр пешіндегі жұмыс электр пеші мен оның жабдықтарын пайдаланатын электр техникалық қондырғыларға қызмет көрсету ережелері мен нормаларына сәйкес жүргізілуі тиіс, пеште жұмыс істеу кезінде электр пешінің қалыпты жұмысы мен қызмет көрсетуші персоналдың қауіпсіздігі байланысты болатын негізгі ережелерді нақты білу, есте сақтау және мүлтіксіз орындау қажет;

- электр пеші қосылған кезде қандай да бір жұмыстар жүргізбеу (шихтаны толық жүктеу, тегістеу, сынамалар алу, телімдерді енгізу, металл температурасын өлшеу және т. б.);

- электр пешінің жанында құмы бар жәшіктер, өрт сөндіргіш және басқа да өртке қарсы құрал-саймандар орнатылуы тиіс;

- жоюды тек пеш ажыратылған кезде ғана орындау керек;

- конденсатор батареясына және ток жүктемесінің астындағы басқа да ток өткізгіш элементтер мен тораптарға жанасуға тыйым салынады, себебі бұл өмірге қауіпті;

- электр пешінің жерге тұйықталуын мезгілімен тексеру қажет;

- егер шығудағы судың температурасы 70 °С-тан асса, онда пештің жұмысын тоқтатып, металдың авариялық шығуын орындау керек. Содан кейін тигельді тексеріңіз;

- пеш авариялық тоқтаған кезде пешті салқындату сериясы жұмыс істей алмайды, сондықтан индукторды ағынды сумен авариялық сумен салқындатуды қамтамасыз ету қажет (бұл пеште индуктордың авариялық суыту жүйесі ретінде су сорғысы қызмет етеді, сондықтан электр пешінің қоректенуіне қарамастан электр желісіне қосылған сорғы);

- электр жабдықтарын жөндеудің барлық жағдайларында кернеуді өшіру қажет;

- электр пешінің қалыпты жұмысы бұзылған барлық жағдайларда электр пешінің қоректенуін ажырату қажет;

- жұмыс барысында, әсіресе балқыманы ағызу кезінде, төсеніш балқыту қондырғысының корпусынан төгіліп кетпеуін қадағалаңыз. Бөртпе анықталған кезде, тигельді алып тастаңыз, индуктордың қақпағын жөндеңіз және жаңа тигельді орнатыңыз;

- индуктор қосылған кезде, электр пешінің көлбеуінде сұйық металл болған кезде тыйым салынады, өйткені бұл төсеніштің бұзылуына және оның күйіп кетуіне әкелуі мүмкін;

- электр пешін Автоматты ажырату кезінде оны ажырату себептері анықталғаннан және жойылғаннан кейін ғана қайта қосуға болады;

- пештен балқыманы құю кезінде индуктордағы кернеуді нөлге дейін төмендету және су салқындату шлангілерінің майысуына жол бермеу;

- электр пешінің құрамдас бөліктері «электр қондырғыларын орнату ережелеріне» сәйкес жерге тұйықталуы тиіс;

- электр пешін қосу алдында барлық қызмет көрсетуші персонал одан қауіпсіз қашықтыққа алыстатылуы тиіс;

- жұмыс істеп тұрған электр пешінде оған қызмет көрсетумен байланысты емес адамдардың болуына тыйым салынады;

- жұмыс барысында қысқа тұйықталуды болдырмау үшін ток өткізгіш бөліктер мен индукторды балқыманың немесе шихта материалдарының түсуінен қорғау қажет.

Бақылау сұрақтары

1. Индукциялық тигель пешінің (ИТП) жұмыс принципі?
2. ИТП артықшылықтары мен кемшіліктері?
3. ИТП құрылысы?

4. ИТП классификациясы?
5. ИТП ток жиілігі неге байланысты?
6. ИТП балқыту технологиясы

Әдебиеттер

- 1 Лабораторные работы по технологии литейного производства: учебное пособие / под ред. проф. А. В. Курдюмова. – М. : Машиностроение, 1990. – 272 б.
- 2 Никитин Г. М. Рудоподготовка и обогащение : Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Рудоподготовка и обогащение». – Павлодар : ИнЕУ, 2007. – 28 б.
- 3 Коротич В. И. Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавки. – М. : Metallurgia, 1978. – 208 б.
- 4 Андреев С. Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / С. Е. Андреев, В. В. Зверевич, В. А. Перов. – М. : Недра, 1966. – 395 б.
- 5 Гринман И. Г. Контроль и регулирование грануло-метрического состава продуктов измельчения / И. Г. Гринман, Г. И. Блях. – Алма-Ата : Наука, 1967. – 116 б.
- 6 Скоров В. А. Обогащение руд. – М. : Недра, 1969. – 276 б.
- 7 Монастырев А. В. Производство извести. – М. : Высшая школа, 1975 – 223 б.
- 8 ГОСТ 15165-77. Руды железные, агломераты и окатыши. Метод определения кажущейся плотности. – М. : Издательство стандартов, 1977. – 3 б.
- 9 Получение окатышей из железорудных концентратов [Электронный ресурс]. 2015. URL: <http://docplayer.ru/39632741-Rabota-1-poluchenie-okatyshey-iz-zhelezorudnyh-koncentratov-4-chasa.html> (дата обращения: 20.09.2018).
- 10 Вегман Е. Ф. Metallurgia чугуна / Е. Ф. Вегман, Б. Н. Жеребин, А. Н. Похвиснев, Ю. С. Юсфин. – М. : Metallurgia, 2004. – 774 б.
- 11 Вегман Е. Ф. Окускование руд и концентратов : учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Metallurgia, 1984. – 256 б.
- 12 Коротич В. И. Metallurgia / В. И. Коротич, С. С. Набойченко, А. И. Сотников и др. – Екатеринбург : УГТУ, 2001. – 395 б.
- 13 Коротич В. И. Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке. – М. : Metallurgia, 1978. – 208 б.
- 14 Коротич В. И. Агломерация рудных материалов / В. И. Коротич, Ю. А. Фролов, Г. Н. Бездежский. – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. – 400 б.

15 Жунусов А. К. Проектирование и расчет оборудования ферросплавных цехов. – Павлодар : ИнЕУ, 2011. – 140 б.

16 Никитин Г. М. Metallургия. Практический курс. Часть 1: Руды черных металлов и их подготовка к плавке. – Павлодар : ИнЕУ, 2010. – 72 б.

17 Братковский Е. В. Лабораторный практикум по дисциплине «Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья» для студентов, обучающихся по направлению «Metallургия» / Е. В. Братковский., А. В. Заводяный, А. Е. Пареньков. – Орск : Маркет сервис, 2008. – 112 б.

18 ГОСТ 25471-82. Руды железные, агломераты и окатыши. Метод определения прочности на сбрасывание. – М. : Издательство стандартов, 1982. – 5 б.

19 ГОСТ 15137-77. Руды железные и марганцевые, агломераты и окатыши. Метод определения прочности во вращающемся барабане. – М. : Издательство стандартов, 1977. – 4 б.

20 ГОСТ 26136-84. Руды железные, концентраты, агломераты и окатыши. Метод отбора и подготовки проб для физических испытаний. – М. : Издательство стандартов, 1984. – 6 б.

21 ГОСТ 20784-75. Концентраты и агломераты марганцеворудные. Метод отбора и подготовки проб для определения механической прочности. – М. : Издательство стандартов, 1975. – 7 б.

22 Жунусов А. К. Metallургическая переработка марганцевых руд месторождений «Тур» и «Западный Камыс» / А. К. Жунусов, Л. Б. Толымбекова. – Павлодар : Кереку, 2016. – 209 б.

23 Гасик М. И. Методические указания к выполнению лабораторного практикума по дисциплине «Теория и технология производства электроферросплавов» с разбором конкретных ситуаций и решением производственных задач (для студентов специальности 0401 – metallургия черных металлов / М. И. Гасик, В. Ф. Лысенко, П. Ф. Мироненко. – Днепропетровск : ДМетИ, 1987. – 59 б.

Мазмұны

	Кіріспе	3
1	Кен дайындау және байыту бойынша зертханалық жұмыстар	5
1.1	Шикізаттың жорамал тығыздығын анықтау. Зертханалық жұмыс № 1	5
1.2	Сусымалы материалдың үйінді тығыздығын анықтау. Зертханалық жұмыс № 2	7
1.3	Сусымалы материалдардың табиғи еңісінің (көлбеулігінің) бұрышын анықтау. Зертханалық жұмыс № 3	10
1.4	Саңылаудан сусымалы материалдардың ағып өту жылдамдығы. зертханалық жұмыс №4	12
1.5	Шикіқұрам материалдарының ылғалдылығын анықтау. Зертханалық жұмыс№ 5	13
1.6	Кен материалдарын уату (ұсату). Зертханалық жұмыс № 6	16
1.7	Шикізат материалдарын елеу. Зертханалық жұмыс № 7	19
1.8	Шикіқұрам материалдарының гранулометриялық құрамының көрсеткіштерін анықтау. Зертханалық жұмыс № 8	23
1.9	Гравитациялық байыту. Зертханалық жұмыс № 9	27
1.10	Магнитті байыту. Зертханалық жұмыс № 10	31
1.11	Кендерді тотықтырып күйдіру. Зертханалық жұмыс № 11	34
2	Кен шикізаты мен техногенді қалдықтардың ұсақ фракцияларын кесектеу бойынша зертханалық жұмыстар	37
2.1	Кен материалдарының елемінен шекемтастар жасау. Зертханалық жұмыс № 1	37
2.2	Шикі шекемтастардың беріктігін анықтау. Зертханалық жұмыс № 2	42
2.3	Агломерациялық қондырғы конструкциясын меңгеру. Зертханалық жұмыс № 3	46
2.4	Ұсақ кен материалдары мен металлургиялық қалдықтарды агломерациялау. Зертханалық жұмыс № 4	50
2.5	Түсіргіш беріктігін анықтау. Зертханалық жұмыс № 5	57
2.6	Айналмалы барабандағы барабанның беріктігін анықтау. Зертханалық жұмыс № 6	60
2.7	Кенді брикеттеу.Зертханалық жұмыс №7	63
3	Қара металдар өндірісі бойынша зертханалық жұмыстар	74
3.1	Қуаты 160 кВ • А электр пешінің құрылымы мен электр жабдықтарын меңгеру, № 1 зертханалық жұмы	74
3.2	Ферросилицийді электр пешінде балқыту. Зертханалық	

	жұмыс № 2	77
3.3	GW-MF-25 индукциялық электр пешінің құрылымы мен электр жабдықтарын зерттеу. Зертханалық жұмыс № 3	91
3.4	GW-MF-25 индукциялық электр пешінде қара металдарды балқыту. Зертханалық жұмыс № 4	97
	Әдебиеттер	104

А. Қ. Жүнісов, А. Қ. Жүнісова, Ж. Шошай,
А. Е. Кенжебекова, Н. Қ. Қулумбаев

**ҚАРА МЕТАЛДАРДЫ ӨНДІРІСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ
(ЗЕРТХАНАЛЫҚ ПРАКТИКУМ)**

Оқу құралы

Техникалық редактор А. Р. Омарова
Жауапты хатшы Ж. К. Сапенова

Басуға 17.06.2022 ж.
Әріп түрі Times.
Пішім 29.7 x 42 1/4. Офсеттік қағаз.
Шартты баспа табағы 6,2. Таралымы 300 дана.
Тапсырыс № 3931

Toraighyrov University
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64