



Қазақстан Республикасының білім және ғылым министрлігі
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті
Металлургия кафедрасы

050709 «Металлургия» мамандығының тәлімгерлеріне арналған

«Кендайындау және байыту» пәні бойынша

зертханалық жұмыстарға

ӘДІСТЕМЕЛІК НҰСҚАУЛЫҚТАР

Әдістемелік нұсқаулықтар
бекіту парағы



Нысан
ПМУ ҰС Н 7.18.1/06

БЕКІТЕМІН

ОІЖ проректор

_____ Н.Э.Пфейфер

«_____» _____ 20__ ж

Құрастырушы: аға оқытушы Байділдаева Г.Б. _____
магистр, оқытушы Шошай Ж.Ш. _____

Металлургия кафедрасы

ӘДІСТЕМЕЛІК НҰСҚАУЛЫҚТАР

«Кендайындау және байыту» пәні бойынша

050709 «Металлургия» мамандығының студенттеріне арналған

20__ ж. «_____» _____ металлургия кафедрасы отырысында ұсынылған
хаттама № _____

Кафедра меңгерушісі _____ М.М. Сүйіндіков 20__ ж. «_____» _____
(қолы)

Металлургия, машина жасау және көлік факультетінің оқу-әдістемелік кеңесі
қолдады, хаттама № _____, «_____» _____ 20__ ж.

ОӘК төрағасы _____ Ж.Е. Ахметов 20__ ж. «_____» _____
(қолы)

ЖЖӘҚБ ҚҰПТАЛҒАН

ЖЖӘҚБ бастығы _____ А.А. Варакута, 20__ ж. «_____» _____
(қолы)

Университеттің оқу-әдістемелік кеңесінде құпталған

20__ ж. «_____» _____ хаттама № _____,

Кіріспе

050709 «Металлургия» мамандығы бойынша мамандарды даярлауда «Кендайындау және байыту» пәнін меңгеруге міндетті теориялық, тәжірибелік және ғылыми-техникалық кешені.

Бұл жұмыс зертханалық сабақтарды өткізуге арналған әдістемелік нұсқаулық болып табылады.

Зертханалық жұмыста тәлімгерлер қазіргі заманғы кендайындау және байыту әдістерін өздігінен зерттеуге мүмкіндік береді.

Оларды қарқындату әдістері, сонымен қатар алынатын өнімнің сапасы.

Сонымен қатар өздік жұмыстарын жасауға біліктілігі толығып және түсінгінің ауқымы кеңейеді, эксперименттік (сынақ) жұмыстарын жасауда тәжірибесі артады.

Теориялық білім негізінде шикізаттарды дайындау үрдістерін және жаңа кесектеу әдістерін жетілдіруге, оларды жасауға ұмтылуға мүмкіндік береді.

Әрбір зертханалық жұмыс бойынша бақылау сұрақтары студенттердің дайындық деңгейін анықтауға, жұмысты орындау және олардың сұрақтарды меңгеруде түсінуі тереңдігі.

Бұл әдістемелік нұсқаулықта зертханалық жұмыстар «Кен дайындау және байыту» курсы бойынша негізгі тақырыптар қамтылған, нәтижесінде студент оқып отырған курсты толығымен меңгеруге мүмкіндік алады.

Зертханалық жұмыс №1

Теміркенді материалдан шикі шекемтастарды алу

Жұмыстың мақсаты: Шикі шекемтастардың қасиеттері мен теміркенді материалдарды кесектеу режимін үйрену.

Теориялық мағлұматтар

Өнеркәсібі дамыған көптеген елдерде бай теміркендерінің қоры қысқару нәтижесінде кедей темірлі кварциттерді тауып дамытуға қажеттілік себепші болып отыр. Кен минералдарының бөлігін бөліп алу мақсатымен кендерді байыту барысында оларды өте майдалап ұсақтау керек. Нәтижесінде сулы магниттік сепарациядан немесе майда ұсақталған кварциттердің флотациясынан кейін құрамында 70-98% майда фракциядан (-200 меш немесе -0,074 мм) тұратын (62-68% Fe) бай теміркенді концентраттарды алады.

Майда концентраттардан агломерат өндіру агломашинаның өнімділігі 1,5-2 есе азаюымен, сонымен қатар күйежен тектеу кезіндегі жанармайдың өсуіне және агломерат сапасының нашарлауына байланысты. Осыған байланысты шекемтастарды барабанды, тәрелкелі және конусты түйіршіктегіштерде өндіру – теміркенді концентраттарды кесектеудің жаңа әдісі үлкен даму алады. Түйіршіктегіштің бетінен сырғып түсіп жатқан кесектердің ылғалды бетіне ұсақ бөліктерді домалату нәтижесінде шекемтастардың түзілуі болады.

Тостағанды түйіршіктегіш жиекке еңкейген, өске бекітілген диаметрі 5м дейін болатын болат немесе шойын тостағанды болып келеді. Тостағанның көлбеу (еңкею) бұрышы реттеледі, сонымен қатар, әртүрлі материалдар үшін қолайлы режимді таңдауға толығымен мүмкіндік беретін жетек құрылғысы тостағанды әртүрлі айналым сандарына айналдыруға болады.

Темір кендері мен концентраттары түйіршіктегіште берік шекемтастарды түзетін қабілеті бар әртүрлі кесектелуге бейім болады. Кесектердің пайда болуы ылғалданған бөліктердің ілінісу беріктігімен анықталатындықтан кесектелгіштік ылғалды материалдардың бөліктерінің ілінісу беріктігі арқылы бағалануы мүмкін.

Осыған байланысты теміркенді материалдардың кесектелу үрдісін қарастыру кезінде шекемтастардың жалпы механикалық қасиеттерінен құралатын ылғалды материалдың жеке бөліктерінің арасындағы өзара байланыс заңдылығын үйренуге назар аудару керек.

Ылғалды себілгіш материалдардың көлемінде

- а) коллоидты ілініс күші;
- б) механикалық ілініс күші;
- в) молекулярлық байланыс күші;
- г) капиллярлы ілініс күші

жалпы темір кендері мен концентрацияларында коллоидтық бөлшектер салыстырмалы түрде аз,

Кәдімгі темір кендері мен концентраттарда коллоидтық бөлшектер аз мөлшерде темір кені өздігімен дисперсияланатын бөлшектер материалдың сумен әрекеттесу кейін нашар дамыған болғандықтан, коллоидтық ілініс шекемтастың құрылуының негізгі факторы бола алмайды.

Іліністің механикалық күші негізінен үйкеліс күші болып табылады, олар сыртқы қысымға тәуелді және осы күшке тура пропорционал болады, яғни төгілетін материал қабатындағы механикалық іліністің өзіндік мәні болмайды, ол басқа күштердің әсерінен пайдф болады.

Теміркен материалдарын шекемдеу кезінде молекулярлық және капиллярлық ілініс негізгі күштер болып табылады. Бөлшектердің ілініс күшіне олардың ылғалдылығы әсер етеді. Әрбір қатты фазаның нақты кешендердің қасиеттеріне байланысты (шикіқұрамның гранулометриялық құрамы, бөлшектің физико-химиялық жағдайы) өзінің оңтайлы ылғалдау дәрежесі болады. Егер ылғал берілген мөлшерден асса, су маиериал бөлшектердің кеуектерін толық толтырады да, тартатын капиллярлық менискалар алдымен кішірейіп, содан кейін толық жоғалады және де капиллярлық ілініс күші азаяды.

Кесетеу үрдісі кезінде динамикалық жүктеме пайда болады, кейбір әсерлер нәтижесінен пайда болған кеуекиерден су артықшылығы сығылады және бөлшектер арақашықтығы жақындалады, олар адсорбцияланған су қабыршағының қалыңдығымен өлшенеді. Осындай ылғалдықта жүйе көбінесе екіфазалық болғандықтан (кеуектер толықтай сумен толады), капиллярлық күштер жоғалады да, іліністің беріктігі тек қана молекулярлық күшпен негізделеді. Жеке тұрған бөлшектердің арасындағы ілініс «желім көпірі» арқылы жүзеге асады, яғни бөлшектердің арасындағы адсорбцияланған су қабыршағы көмегімен.

Ілініс күшінің мөлшеріне қатты бөлшектің табиғаты әсер етеді. Олар қатты қабаттың сулану мөлшерінің өзгеру байланысты әсер етеді, яғни су молекулаларының адсорбциялану қасиеттерінің өзгеруі.

Темір кенді материалдардың ілініс беріктігіне едәуір дәрежеде байланысты маңызды фактор болып олардың гранулометриялық табылады. Ылғалды шекемтастардың беріктігіне гранулометриялық құрамның әсері бөлшектер арасындағы орта арақашықтың өзгеруімен көрінеді: олардың беттері бір-біріне жақын орналасқан сайын ілініс күштерінен жоғары адсорбцияланған қабыршақтардың су молекулалары тәртіппен бағытталады. Осылайша, шекемдеу материалдарындағы жұқа фракциялардың құрамы көп болған сайын, шикі шекемтастар беріктірек болып түзіледі.

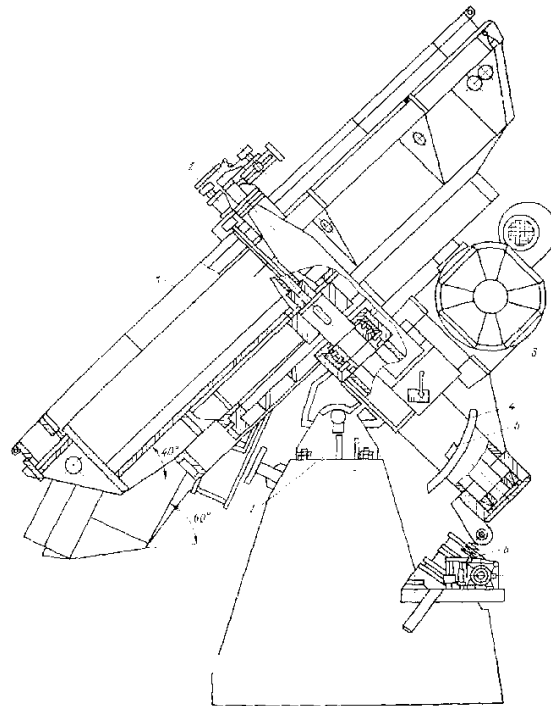
Шекемтастарды кептіру кезінде алдымен су ірі кеуектерден жойылады, мұнда бір-бірімен әрекеттеспейтін жеке сулы тығыздауыштар қалады. Бұл жағдайда капилярлы (тартылатын) күштер жоғарлайды және максималды дамиды. Кептіру кезінде жағалған азбайланысқан судың жоғалуының нәтижесінен кейбір материал бөлшектерінің арақашықтығы азаяды, өзара байланыс күштерінің жоғарлауымен бірлесе жүреді. 0,9 кГ/шекемтас шикі шекемтастарға қарағанда диаметрі 9,5 мм құрғақ шекемтастардың жаншу беріктігі 3-3,6 кГ/шекемтас дейін жоғарлайды.

Шикі шекемтастардың беріктігін арттыру мақсатымен қолданылатын шикіқұрамға әртүрлі қоспалар қосады, әдетте шикіқұрам салмағына қарай 0,5 %-дан 1 %-ға дейін қосылатын бентонит кең қолданылады. Бентонитті таңдауға

оның үстіңгі қабат бетінде гельдерді түзу қабілеті себеп болды, ол саздың кез келген сыртының бөлшегінің үстіңгі қабат бетімен жобамен 7 есе артық. Шикіқұрамда бентонит болған кезде шикі шекемтастар кеуекті болады және оларды кептірген кезде ылғал кедергісіз жойылады.

Алайда бентонит қымбат материал болып табылады, себебі оның кен орны пайдаланылатын орыннан жиі жойылып отырады. Бентонитті қосу шекемтастағы бос жыныстың көлемін көбейтеді және кейде концентраттың ($\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$) кремнилі модулін нашарлатады. Осыған байланысты қазіргі уақытта бентонитті арзанырақ сирек емес материалдармен ауыстыру және шекемтастардың металлургиялық қасиеттерін нашарлатпайтын жұмыстар жүргізіліп жатыр. Оларға жататындар: соданың бентонитпен қоспасы, сода, кептірілген торф (ылғалдығы 8-10%), сулы ерітіндімен өңделген күйдіргіш натр, сөндірілген әк, CaCl_2 , NaCl және FeSO_4 . Хлорлы натри шекемтастың қалпына келтіруге теріс әсер етуіне байланысты қолданыс таппады.

Шикі шекемтастың басты қасиеті оның жылу төзімділігі болып табылады, оның мәні мынада: ол шекемтастың кебу ұзақтығын анықтайды және күйдіру беріктігін өткізуді күрделендіруі мүмкін, шекемтасты қыздырған кезде ылғалдың булануы жылдам жүреді және судың бөлінетін булары шекемтасты ішінен бұзуға тырысады. Шекемтастың жылу төзімділігі қатты бөлшектердің ілініс күшімен анықталатын олардың бөлінуге беріктігімен байланысты. Одан басқа жылутөзімділік шекемтастардың ылғалдығына байланысты, себебі ылғал көп болған сайын, сол уақыттағы булар басқа ылғалды шекемтастармен салыстырғанда тез пайда болады.



1 – айналмалы табақша; 2 – қырғыш; 3 – табақшаны айналдырушы жетектің электрқозғалтқышы; 4 – иін; 5 – соңғы ажыратқыш; 6 – көлбеулеткіш механизмінің жетегі; 7 -

1 сурет – табақшалы кесектегіш

Кесектеу режиміне байланысты шекемтастар қасиетін анықтау.

Оқытушының нұсқауы бойынша студенттер әр түрлі шикі құрам материалдарын (әр түрлі іріліктегі концентраттар, қоспаның әр түрлі мөлшері т.б.) пайдаланып оның жұмысының әр түрлі режимдері кезінде түйіршіктегіште шекемтастарды алады.

Бастапқы материалдар фракцияларға бөлуге жіберіледі және ылғал сыйымдылығына сыналады.

Алынған шекемтастар беріктікке жылу төзімділікке сынауға жіберіледі, сонымен қатар, әр түрлі жағдайларда өндірілген шекемтастардың грануламетриялық құрамы анықталады.

Нәтижелер түйіршіктегіштің жұмыс режимінің нұсқауымен кесте түрінде рәсімделеді.

Жіберілім сұрақтары

1. Жұмыстың мақсаты.
2. Жұмыстың орындалу тәртібі.
3. Жұмыста қандай заңдылықтар тексеріледі.

Бақылау сұрақтары

1. Шикі құрамды кесектегіш механизм.
2. Шикі шекемтастардың қасиетіне әсер ететін факторлар.

Зертханалық жұмыс № 2 Шекентастарды беріктендір күйдіру

Жұмыс мақсаты: Шекентастардың қасиеттеріне күйдірудің әсер етуі.

ТЕОРИЯЛЫҚ МАҒЛУМАТТАР

Шекемтастардың тотығуы

Шекемтастарды беріктендірудің қажетті әдісі болып олардың жоғары температурадағы күйдірілуі жатады.

Гематиттік концентраттардан шекемтастардың беріктігін арттыру 900-1000⁰С температураларда басталатын және 1200-1300⁰С және одан жоғары температурадағы гематиттің рекристаллизациясы нәтижесінде ең үлкен дамуға ие болады.

Бұл жағдайда рекристаллизация процесі нәтижесінде күйдіруші шекемтасты бекітетін «гематиттік көпірлер» пайда болатын концентраттың көршілес байланысушы кішкентай бөлшектерінің арқасында жаңа гематиттердің өсуімен жүреді. Бөлуге арналған дайын шекемтастың беріктігі күйдірудің ұзақтығына байланысты 150-200 кг және жоғарыны құрайды.

Магнетиттелген концентраттан алынған шекемтастардың тотықтырғыш ауадағы күйдіруінде 900-1000⁰С температурадан және гематиттің пайда болған түйіршіктерінің рекристаллизациясы нәтижесінде олардың беріктігі жоғарылай бастайды.

Бос қалдықтардың жоғары құрамы шекемтастардың беріктігін азайтып, кен минералдарының бөлек түйіршіктерін бөлетін қождауыш байланыс пайда болады. Қождауыш байланыс арқасында ғана беріктенген қалдықтар 40-50 кг-нан көп емес жүкке шыдайды.

Беріктендіргіш күйдіруді жүргізуді шекемтастардың өндірісі үшін олардың металлургиялық құндылығын жоғарылату мақсатымен шихтаға флюсты(известняк) қосу күрделілендіреді. Кальций тотығының бос минералмен(әсіресе кварцпен) әрекеттесуі тез балқығыш қосулардың пайда болуына әкеледі. Шекемтастардың күйдірілуінде сұйық фазаның пайда болуы мүмкін емес, ол шекемтастардың үлкен көлемде балқуларына, олардың одан ары қолдану мүмкіндігінен айыру, өнімділігін азайтуға және күйдірілетін агрегаттардың бұзылуына әкеледі.

Терең байытылған концентраттардан бос қалдықтардың маңызсыз саны бар флюсталған шекемтастарды алуда беріктендіргіш күйдірудің лимитті шарты болып күйдіру аймағындағы 1000⁰С-тан аспайтын жоғары температуралық аралық табылады, себебі бұл жағдайда кальций ферриттерінің балқу нәтижесінде сұйық фазаның пайда болуы байқалады.

Флюстелген шикем тастарды өндірумен байланысты қиыншылықтарды жеңу қос қабатты шикем тастарды дайындау және күйдіру жолымен мүмкін болып отыр, олардың ішкі бөліктері – ядросы, концентраттан және әктастан тұрады, ал сыртқы бөлігі – сыртқабықшасы – концентраттардың бірінен бүрленген. Күйдіру кезінде ядро балқиды және оны сыртқабықшасы сіңіреді, ал күкірт барлық әктастың

ядрода болуы салдарынан жойылады. Осылайша алынған шикем тастар өздерінің механикалық қасиеттері бойынша және қалпына келтірілуіне байланысты қарапайымдыларға жол бермейді.

Өнеркәсіптік жағдайларда шикем тастарды күйдірудің қарапайым түрі шахта пештерінде, күйдіретін конвейерлі машиналарда және қосарланған қондырғыларды іске асырылады, оған айналып тұратын, қозғалыстағы масақты торкөз немесе шахта пеші және түрлі комбинациядағы агрегаттар енеді. Барлық жағдайларда да шикі шикем тастар дәйекті түрде кептіріледі, қыздырылады және қарапайымдыландыратын жоғары температурада күйдіріледі, содан кейін шикем тастар қабатынан салқын ауаны жібере отыра біртіндеп салқындатылады.

Зертханалық жағдайларда студенттер шикем тастарды Тамман пешінде күйдіреді, оның қыздырғыш түтігіне термотөзімді цилиндр орнатылады, онда төменнен газдық түрлі қоспаларды беру жолы арқылы қажетті атмосфера құрылады.

Сыналып отырылған шикем тастарды түбі тесік магнезитті стақанға (немесе нихормды сымы бар кәрзеңкеге) орналастырады және содан кейін дәйекті түрде 105-120градус С температурасында арнайы шкафта 1-2 сағат бойы кептіреді, содан кейін 10-15 минут бойы 800 градус С-де муфельде қыздырады, соңында Тамман пешінде күйдіреді. Күйдіру кестесін (температура, уақыт, құрамы және газ шығыны) оқыту береді. Күйдіріп болғаннан кейін шикем тастар ауада салқындатылады.

МЕТАЛЛДАНҒАН ШЕКЕМ ТАСТАР

Тәжрибелік домендік пештер есебі, коксты үнемдеудің және домендік пештердің өндіргіштілігін жоғарлатудың неғұрлым тиімді жолдарына металлданған кең материалдарын, бірінші кезекте металлданған шикем тастарды пайдалану енетіндігін көрсетті.

Шикем тастарды металлдау (немесе жартылай қалпына келтіру) екі жолмен іске асырылуы мүмкін:

- шикем тастарды өндіру үшін, шихтаға ұсақталған көмір, кокс және т.с.с. түрінде, қатты көмір есебінен қарапайым күйдіру процессінде;
- күйдірілген шикем тастарды, газ тәріздес немесе қатты қалпына келтіргішпен қалпына келтіру.

Металлданған шекем тастар металл темірмен қатар магнетиттен, гематиттен тұрады.

Металданған шекемтас алу тәсілдерінің бірі екіқабатты шекемтас алу болып келеді: ішкі ядро концентрат қоспасы мен қатты отынан жасалады, ал сыртқы қабыршақ концентраттан; күйдіруден кейін мұндай шекемтастар жазықтықта бөлшектеп металдандырылған орталықпен қатар қалпына келтірілмеген темір тотығы болады. бірқабатты металдандырылған шекемтастар жұмысымен салыстырғанда ақырғы айтылып кеткен тәсіл домналық пеште газдың жақсы таралуын бейімдейді.

Зертханалық шарттарда студенттер металдандырылған шекемтастарды алуды Тамман пешінде жүргізеді. Бұл жұмыстың тәртібі:кептірілген шекемтастарды пештің реакциялық құбырында түсіріп нейтралды және

азқышқылды газда қыздыруды бейімдейді; суытылған шекемтастар екінші рет тотықпас үшін күйдіруден кейін суға салып шынықтырады.

Студенттерге шекемтастарды күйдіру режимі мұғаліммен тапсырылады.

Тәжірибелік бөлім

Күйдіру температурасының шекемтастар құрамыны әсері

Алдын ала кептірілген және қыздырылған шекемтастарды белгілі бір температураға дейін қыздырылған Тамман пешіне енгізеді. Шекемтастардың күйдірілуі 20 мин. жүргізіледі.

Белгілі тәртіппен шекемтастардың порциясын күйдіруін 900, 1100, 1200 және 1350 °C температурада жүргізеді.

Қарапайым рычагты баспа арқылы суытылған шекемтасты сығымдайды.

Ұнтақтаудан кейін шекемтастар құрамында $Fe_{\text{өдәйі}}$, FeO болуы анализ жасалады.

Күйдіру ұзақтығының шекемтас құрамына әсері

Алдыңғы тапсырмаға қарағанда студенттер бірнеше бірдей шекмтас порцияларын бір температурада күйдіреді, бірақ күйдіру ұзақтығын өзгертеді.

Күйдіру ұзақтығына қарай шекемтастардың графикалық тәуелділігінің біріктігі мен тотығуының нәтижесі кестеге енгізіледі. Металдау дәрежесіне қарай металданған шекемтастар үшін ұқсас тәуелділік салынады.

Эксперименталды мәліметтерді өңдеу

Күйдіру температурасынан графикалық тәуелділігінің беріктігі (кГ/шекемтас) мен шекемтастардың тотығуының (FeO, %) нәтижесі кесте түрінде толтырылады.

Металданған шекемтастар үшін қосымша $Fe_{\text{мет}}$ құрамы мен күйдіру температурасынан металдау дәрежесінің графикалық тәуелділігі $\left[\frac{Fe_{\text{іәә}}}{Fe_{\text{іәә}}} \cdot 100\% \right]$ анықталады.

Күйдіру температурасы, °C	Күйдіру уақыты, мин	Газ құрамы, %	Шекемтастың беріктігі, кГ/шекемтас	Шекемтастың хим. құрамы			$Fe_{\text{іәә}}$
				$Fe_{\text{іәә}}$	FeO	$Fe_{\text{іәә}}$ $Fe_{\text{іәә}}$	

Жіберілім сұрақтары

1. Жұмыстың мақсаты қанда?

2. Жұмысты толтыру тәртібі.
3. Бұл жұмыста қандай заңдылық тексеріледі?

Бақылау сұрақтары

1. Шекемтастарды беріктеу механизмі.
2. Шекемтастардың құрамы.
3. Шекемтастарды қолдану тиімділігі.

3 Лабораториялық материалдар үлгілерін механикалық ұсату әдіс, тәсілдері

Теориялық мағлұматтар

Механикалық ұнтақтау әдістері, яғни қатты денені ұсақ бөлшектерге, оларға қирату кернеуін түсіру арқылы бөлу. Олардың ұнтақтау физикасымен байланыстылығы, сыртқы ортаның әсерінен қатты дененің беріктігін және дисперсиялық бөлшектердің арасындағы өзара әсер сипаттамаларын өзгертуге әрбір ұнтақтау әдісі әр түрлі жағдайда жасалғандықтан, сол жағдайға байланысты қатты денелердің сыртқы ортамен әрекеттесу сипаттамалары мен соған байланысты сыртқы ортаның оған тигізетін әсері де әртүрлі.

Сол себепті көптеген беттік белсенді заттарды тиімді қолдану үшін, ұнтақтау үрдісінің қарқындылығы машинаның ерекше құрылысымен және оның әсерімен анықталады.

Ұнтақтарды майдалауға арналған машиналар

Диірмендерді құрастырғанда, міндетті түрде одан шығатын ұнтақтардың дисперсиясын, материалдардың бастапқы өлшемдерін, оның механикалық қасиеттерін (қаттылығы, кеуектілігі), температуралық сипаттамаларын, реакцияның қабілеттігін, оны ұнтақтағандағы өзгерістерін және материалдардың диірмен мен ұнтақтаушы дененің тозған өнімдерімен кірлену дәрежесін, оның ауамен әрекеттескендегі қышқылдану дәрежесін, оның жарылу қатерлігін және тағыда басқа көрсеткіштерді есепке алу керек. Өнеркәсіптік ұнтақтау үрдісінің қажетті жағдайы – оның экономикалық тиімділігі, ұзақ уақыт аралығында қолданылуы, машинаның оңай құрылысы мен оның берік жұмыс істеуі болып табылады. Ұнтақтарға және суспензияларға тәжірибелік жағынан қойылатын барлық талаптар мен оларды алу әдістері, ұнтақтауға арналған, әр түрлі машиналарды шығаруға себеп болды. Құрылысы жаңа машиналардың пайда болуымен және ұнтақталған ұнтаққа қойылатын талаптардың өзгеруімен, олардың түрлерінің көбеюі техникалық дамуға байланысты ұнтақтаушы машиналар жаңарып келеді; олардың өлшемдері, өнімділігі және басқа да көрсеткіштері жағынан айырмашылығы бар түрлері көбейіп барады. Бұл жағдай – олардың қалай құрылыстық қажеттілігімен байланысты болса, солай әрбір лабораториялық қажеттілік немесе өнеркәсіпте қолдануға оңай таңдалуымен байланысты, олардың жүйелеуін қажет етті. Ұнтақтау жүйесінің әр түрлі нұсқалары көптеген монографияларда көрсетілген. Бөлшектердің бір–бірінен белгілі бір мөлшердегі алшақтығына қарамастан, жүйелеудің жалпы ұстанымдарын білдіруге болады және бірнеше класты ұнтақтағыштарды, олардың даму жолын табуға болады.

Әдетте материалдардың қирауы оған механикалық әсер ету арқылы, ұнтақтаушы дене немесе сол материалдың бөлшектерімен орындалады. Машинаның бұл класына айналмалы, дірілді, ағынды диірмендер және соқпалы әрекетті, білікті тағыда басқа уатқыштар жатады. Басқа класты машиналарда материалдардың қирауы сыртқы ортаның, сұйықтың немесе газдың әсерінен болады. Осындай машиналарда қирау материалдарды жан–жақты соғу және кейінгі, сұйықтықта серпімді толқын мен кавитация арқылы жаратылған қысымның қауырт төмендеуімен іске асады. Кейбір жағдайларда кеуекті ылғалды материалдардың бұзылуы, оларды қыздыру арқылы жеңілдетіледі. Нәтижесінде қатты денеде бу қысымының әсерінен бұзылу күші пайда болады.

Ұнтақтардың басым бөлігін, қарапайым механикалық бұзу арқылы іске асырылатын машиналарда ұнтақтайды. [2, 86–91б.] Олардың салыстырмалы қарапайым құрылымдық түрлері сенімдік және үнемділікпен байланысты. Басқа ұстамды қолданатын машиналар ішінен электрогидравликалық ұнтақтау ірі бөлшектерді ұнтақтауға арналған, ал кавитациялық және ультрадыбыстық, тек қана жұмсақ материалдар мен ұнтақталған агрегаттардың ұсақталған бөлшектерін салыстырмалы аз ғана регенерациялық қозғалыстар мен ұзындығы аз ғана серпімді толқындардың күшіне байланысты қиратуға қолданылады.

Диірмендер сондай-ақ қолданылуына қарай келесі түрлерге бөлінеді: оның бірі уату – ірі уатуға арналған, ал басқалары майда ұнтақтауға арналған – диспергілеу. Уату мен диспергілеу арасында үлкен айырмашылық жоқ. Материалдарды ірілігі орташа бөлшектерге ұнтақтайтын машиналардың көптеген түрлері бар. Әрбір машинада қол жеткізуге болатын дисперсияның диапазоны әдетте жоғары болады, бірақ оларда әсерлі және үнемді ұнтақтау үшін олардың әр қайсысының құрылымдық ерекшелігіне қарай материалдың белгілі бір дисперсиялық қасиеті болу керек.

Қираудың қарапайым түрлері – бөлшектерде қысу, соғу және қию жолымен, шектелген ығыстыру кернеулігін туғызу арқылы іске асырылады. Кинетикалық энергия соқпалы әрекетті, жақты тағы да басқа соқпалы – центрден тепкіш, дезинтеграторлық диірмендерде сияқты ұнтақтаушы денемен беріледі немесе диірменнің тұлғасынан бос шармен, материалдың өзегімен немесе бөлігімен үйкеліс арқылы центрден тепкіш әсер және ауырлық күшін пайдалану арқылы (өзіұнтақтағыш, айналмалы, шарлы, өзекті диірмендер) немесе инерция күші арқылы (дірілді, планетарлық диірмендер) беріледі. Ағынды диірмендерде қиратудың қарапайым түрі, бөлшектердің бір-біріне газ ағынының әсерінен соқтығысуымен немесе қатты материалдардан жасалған соққы плитаға соғылуынан орындалады.

Өнеркәсіптерде, зертханалық тәжірибелерде көбінесе диірмендердің төрт түрі қолданылады: шарлы айналмалы, дірілдеткіш, соқпалы әрекетті және ағынды. Үздік көрсеткіштер беру үшін, олардың жұмысының әсерлігі, үнемділігі, дисперсиялық ауданы келесі себептерге байланысты: диірмендердің қабырғаларының материалына және ұнтақтайтын денеге, шарлардың өлшемдері мен санына; егер ағынды диірмендер болса, жылдамдық пен газдың шаңдылығына; дірілдеткіш болса, тербеліс жиілігі мен амплитудасына және тағыда басқа көрсеткіштерге. Диірмендермен қосалқы тиеу агрегаты және ұсақталған материалдарды кетіру көп жағдайды анықтайды.

Белгілі мәліметтерге негізделіп, диірмендердің бір түрі, басқа диірмендерді дисперстіліктің салыстырмалы тор аудандарында да әсерлі ауыстыра алмайтынын нақты бекітуге болады (одан басқа, осындай универсалды машинаны ұстанымды түрде жасау мүмкін еместігін көрсетуге болады). Өнеркәсіптер мен зерттеулер мақсатына диірмендерді таңдау ұнтақталатын материалдардың нақты қасиеттері мен оны қолдану жағдайын есепке алумен таңдалынады. Жалпы түрде, барлық аталып өткен диірмендердің төрт түрінен, абразивті материалды ұнтақтау үшін ең тиімдісі айналмалы шарлы диірмен. Ол диірмендерде, ағынды диірмендерде алынатын өнім сияқты, өнімнің дәл сондай түрін алуға болады. Өте ұсақ ұнтақтау үшін дірілдеткіш диірмендер қолданылады, бірақ ондағы ұнтақталған материал,

ұнтақтайтын денелердің тозған өнімдерімен кірленеді. Ағынды диірмендерде тозу өте аз болады, бірақ газбен сыртқа бөлінетін материалдардың шығыны жоғары болады. Дезинтегратор деп аталатын диірмендердің, соқпалы әрекет жасайтын түрі, өте жұмсақ, аброзивтілігі аз материалдарды ұнтақтауға арналған. Төменде осы ұнтақтау машиналар түрлерінің құрылымдары мен ұстанымды әрекеттері туралы анығырақ жазылған.

Ұнтақтаушы машиналардың ең таралған түрі, ұнтақтағыш денелері бар айналмалы диірмен. Олар тау–кен байыту, құрылыс, химиялық өнеркәсіптерде сәтті қолданылады. Осы диірмендердің көп ерекшеліктері дірілдеткіш және планетарлы шарлы диірмендерге тән болып келеді.

Айналмалы, шарлы және өзекті диірмендер, мойынтіректе орналасқан жартылай шетмойын және тығынды, іші қуыс барабаннан тұрады. Ұнтақтауға арналған бөлмешік ұнтақтайтын денемен (шарлар, өзектер, цилиндр, кремнилі малтатас) және ұнтақталатын материалмен толтырылады. Ұнтақтау бөлмешігі айналғанда ұнтақтаушы денелер үйкеліс күшінің және центрден тепкіш күш әсерінен, белгілі бір биіктікке көтеріліп, төменге қарай құлай отыра, шарлардың соқтығысу аймағында бөлшектерді ұнтақтайды (немесе басқа ұнтақтағыш денелер). Ұнтақталған материалдың диірменде қозғалуы, бірқалыпты берілетін табиғи қысым арқылы іске асырылады. Сулы ортада ұнтақтау жүргенде, материал сұйықтықпен ілесіп қозғалады. Ұнтақталу құрғақ ортада жүрген жағдайда, өте жеңіл бөлшектерді шығару үшін, диірмен арқылы ауа ағыны үрленеді. [3, 83–85б.]
□ Ыстық ауаның үрленуі, материалды ұнтақтау мен кептірудің ұйғарысуына мүмкіндік береді.

Айналмалы диірмендердің энергиякернеулігінің төмендігі, басқа ұнтақтаушы машиналарды шығаруға ой туғызды. Ол машиналарда ұнтақтағыш дене, ауырлық күші үдеуімен қозғалады. Ондай машиналардың көп таралған түрі – дірілді диірмендер.

Дірілді диірмендердің жұмыс істеу ұстанымы, электромоторға жалғанған дірілдеткіш арқылы шар мен ұнтақтайтын денелерді айналмалы–тербелмелі қозғалысқа келтіруге негізделген. Материалдың бөлшектері шарлардың арасындағы кеңістікке түсіп қирайды. Шардың айналысындағы қиратуға белсенді аймақтарды есептеу шарлы диірмендердің есептеуіне ұқсас.

Тәжірибелік нәтижелер дірілді диірмендерде ұнтақтау белсенділігі материалдың қасиеттерінен басқа тербелістің жиілігі мен амплитудасына, шардың қаттылығы мен өлшемдеріне, толтырылу дәрежесіне немесе диірмен көлеміне, ұнтақталған материалды сыртқа шығару жылдамдығына байланысты анықталатындығын көрсетеді. Ұнтақтау белсенділігі тербеліс жиілігіне және амплитудасының квадратына немесе кубына пропорционалды екені белгілі. Ол үйлесімді, егер ұнтақтау белсенділігінің көлемінің төрттен үш бөлігін шарлармен толтырса. Шарлар жасалған материалдың тығыздығы мен қаттылығы өскен сайын, ұнтақтау жылдамдығы да өседі, ал олардың тиімді өлшемдері бастапқы және ұнтақталған өнімнің өлшемдерімен, оның дисперсиясымен анықталады. Осыған байланысты, әдетте арақатынастары өлшем жағынан да, саны жағынан да бестен бірге тең деп алынатын 2 немесе 3 диаметрлі шарларды қолданады. Толтыру дәрежесі үйлесімді егер, ұнтақталатын материалдардың көлемі ұнтақтау бөлмешігінің көлемінің оннан бір немесе оннан екі бөлігін құрайтын болса.

Орташа алғанда дірілді диірменнің энергиякернеулігі ұнтақтау бөлмешігінің $(0,8-1,2) \cdot 10^{-3}$ кВт/см³ құрайды. Бірақ, тәжірибелік диірмендерде одан жоғары шамаға жетеді. Осындай жоғары энергиякернеулік ұнтақтау бөлмешігінде жылудың қарқынды бөлінуіне алып келіп соғады. Сол себепті бөлмешіктерді салқындатып отырады.

Қазіргі уақытта өнімділігі мен қолдануына қарай әртүрлі дірілді диірмендер шығарылды. Ұнтақтау камерасының көлемі 1000, 600, 230 л ірі өнеркәсіптік машиналар, цементті, кварц құмы, әктасты және тағыда басқа материалдарды майдалап ұнтақтауға қолданылады және олар үздіксіз сұлбада немесе мезгіл-мезгіл сұлбада жұмыс істей алады. Сол сияқты лабораториялық жағдайда қолданылатын көлемі кіші дірілді диірмендердің де үлгілері бар. Солардың ішінен ең ыңғайлысы, ұнтақтау бөлмешігінің көлемі 10 л болатын диірмен (маркасы М-10 құрылысы ВНИИНСМ) және төрт барабанды, әрбір барабанның көлемі 100 см³ болатын тәжірибелік диірмен болып табылады.

Ұнтақтайтын денелермен толтырылған диірмендердің кемшілігі – оның құрылымына және тозуына кететін материалдың меншікті шығыны үлкен (соған сәйкес, дисперсиялық ұнтақтың, ұнтақтайтын денелер мен корпустың тозған өнімдермен кірленуі). Осыған орай, ұнтақталатын материалдарды жоғарыжылдамдықты соққылау арқылы қирататын машиналар шығарылды. Диірмендердің бұл түріне құрылысы әртүрлі ағынды диірмендер және дезинтеграторлар жатады.

Ағынды диірмендер деп ауа, бу ағынымен немесе жану өнімдерімен кинетикалық энергияның ұнтақталатын материалдың бөлшектеріне беретін машинаны айтады. Бұл машиналарда ұнтақтау қарама-қарсы ағындардың соқтығысуынан немесе олардың соққы плитаға соғылуынан орындалады. Екі жағдайда да материалдардың кейбір бөлшектері қондырғының ішкі беттігіне қатты жылдамдықпен қозғалғанда немесе пневмокласификациялық жүйеде даңғыл жолдармен тасымалданғанда жанама соққы әсерінен ұнтақталады.

Кішкентай бөлшектер қысқа участкілерде қиратуға қажет жылдамдыққа тез ие болғандықтан, ағынды диірмендер кіші габаритті машиналар болып табылады. Олардың салмақтары мен өлшемдері көбінесе энергия тасымалдау генератордың және шаңбасу мен шаңұстау құралдарының габариттерімен анықталады, ал өзіндік ұнтақтау бөлігі аз ғана өлшемді болады.

Қазіргі уақытта ағынды диірмендердің көптеген түрлері энергиятасымалдау түрлерімен де ерекшеленеді – ауаағынды, буағынды, газағынды (отынның жану өнімдері) және диірмен алдындағы газ – энергиятасымалдаудың қысымымен де ерекшеленеді – жоғарыжылдамдықты, сопло алдындағы қысым 2 ден 15 атмосфераға дейін; вентиляторлық 0,2–0,3 атмосфераға дейін. Диірмендердің кең таралған түрі – екі ағыншалы қарама-қарсы ағынды диірмендер. [4, 132–135б.] Оларды сыртқа шығарылған классификатор арқылы немесе бірлескен ұнтақтау-классификациялық сұлба арқылы қолдануға болады. Газағынды диірмендердің энергиятасымалдау температурасы ұлғайған кезде, оларды бөлшектерді ұнтақтау мен күйдіруге қолдануға болады, яғни механикалық өңдеуге қолданады.

Ағынды диірмендерде айтарлықтай екпін аппараты тозады, әсіресе, бәрінен бұрын екпін құбырының алдында орналасқан конфузор және соққы плитасы тозады. Материалдардың 73% соққы плитасына соғылуынан ұнтақталады, ал 5%

екпін аппараттарында ұнтақталады. Оны материал беттігінің шабуыл бұрышы мен бөлшектердің өзгешелігімен түсіндіруге болады. Шабуыл бұрышының 90° -тан (қалыпты соққы) 30° -қа дейін өзгеруі тозудың 4–5 есе ұлғаюына әкелетіні белгілі. Осы тұрғыдан көрініп тұрғандай, пайдалану кезінде белгіленгендей, диірменнің конфузоры әсіресе көп тозады. Қатаң айтқанда, екпін аппаратының цилиндрлік аймағында тозу аз ғана болу керек (ламинарлы ағынның шабуыл бұрышы 0–ге тең).

Бірақ, ағын кескінінде және соқтығысу кезінде энергия алмасуда, қатты фазаның біркелкі таралмағандығынан ағынның ұшып бара жатқан бөлшектерінің турбулизациясы күрделенеді және газ ұлғаюы материалдың беттігіне әртүрлі шабуыл бұрышпен соғылатын бөлшектердің пайда болуына әкеледі (30° -қа дейін). Ағынды диірмендерде тозуға кететін жалпы шығын шарлы диірмендерге қарағанда аз болады.

Өнімділігі 300–500 кг/сағ болатын қарама–қарсы ағыншалы ауаағынды және буағынды диірмендерде тәжірибелік зерттеу нәтижелері жұмыс үрдісіне екпін түтікшесінің ұзындығы мен диаметрі және де олардың арасындағы қисық әсер ететінін көрсетеді. Өнімділік пен энергияжұмсаудың геометриялық факторлардан тәуелділігін, анық көрінетін тәжірибелік мінездеме алып жүретіні орнатылған болады.

Құрылысының қарапайымдылығы, қозғалатын бөлшектердің және күрделі подшипниктердің болмауы ағынды диірмендердің шарлы диірмендермен салыстырғанда артықшылығы көп екенін ескертеді. Қарқынды локальді әсерге қатты қорытпалардан жасау мүмкіндігі дайын материалдың тозған өнімдермен аз мөлшерде ғана кірленуін көрсетеді. Ұнтақтау бөлмешігінде қажетті механикалық кернеулердің болмауы осы машиналардың ұзақ тұрақтылығын арттырады.

Ағынды диірмендердің кемшілігі, шарлы диірмендермен салыстырғанда, майда ұнтақтауға энергия көп жұмсайды және жетілдірген газды фильтр арқылы тазартып отыруды қажет етеді. Материалдың жоғарғы дисперсиялы фракцияларын жетілдірген газбен алып кетілуі шарасыз болып табылады. Ағынды диірмендердің мүмкіндіктерінің шектелуі, бір жағынан материалдың ірі бөліктерінің екпінін ұлғайту қиындығына, ал екінші жағынан майда бөлшектерге ұнтақтау үшін жоғары жылдамдық қажеттілігіне байланысты, және де олардың ұнтақталған өнімдерін ұстау күрделі болып келеді. Осы диірмендерді өлшемі 5мм–ден аспайтын морттық материалдарды орташа ұнтақтау үшін (10–40 мкм–ге дейін) пайдалану өте тиімді.

Дезинтеграторлар да ағынды диірмендер сияқты соққы әрекетті машиналар түріне жатады, бірақ оларда ұнтақтау айналмалы өзектердің материалдың еркін құлап келе жатқан бөлшектеріне соқтығысуынан орындалады. Дезинтегратордың өзінің қаптамасында ішкі жағынан цилиндр пішінді (кей жағдайда конус немесе призма пішінді) штифттер қатарымен дөңгелекке сапталған, бір–біріне қарама–қарсы айналатын екі табақ бар. Екі табақтың штифттерінің қатары әртүрлі радиуспен айнала отырып, біреуі екіншісіне аз ғана саңылаумен кіреді. [5, 64б.]

Бір ғана айналатын роторы бар диірмендерді дисмембраторлар деп атайды. Олардың артықшылығы құрылысының қарапайымдылығында болып табылады. Сонымен қатар, дезинтеграторлардағы сияқты соққы жылдамдығына жету үшін табақтың айналу жылдамдығының ұлғаюын қамтамасыз ету керек.

Ұнтақталатын материал барабанның ортанғы бөлігіне түседі. Бөлшектер көп қатарлы өзектерден өтіп бара жатып олардың соққысына ұшырайды да, шеттік жаққа жылжыған сайын майдалана түседі және оларды түпкі жүктесік арқылы шығарып алуға болады немесе ауа ағыны арқылы классификаторға шығаруға болады. Дезинтеграторларда материалдардың ұнтақталу дәрежесі табақтардың айналу жылдамдығымен, олардың диаметрімен, сонымен қатар, өзектің орналасуы және өлшемдерімен анықталады.

Дезинтегратордың жұмыс істеуіне өзектердің материалының сапалы болуы өте маңызды. Олардың тозуы осы машиналардың ең әлсіз әсері болып табылады. Бірақ, тозу әрқашанда дезинтеграторлардың жұмысының шектелген факторлары болып табылады, сондықтан оларды, әсіресе, абразивтілігі аз бор, каолин, пластмасс, көмір, пигмент сияқты материалдарды ұнтақтауға пайдаланады.

Дезинтеграторлардың жұмыс істеу теориясы қазіргі уақытта әлі анықталмаған. Берілген дәрежеге дейін ұнтақтауға қажет айналу жылдамдығының есептеулері ғана бар. Есептеулерде бөлшектерге берілетін соққы саны өзектің соққы санына тең екені, ал соққы жылдамдығы көршілес қатарлардың жылдамдықтарының қосындысына тең екені болжанады. Әрбір соққының ұнтақтау дәрежесі бірдей болып алынады. Бірақ, тәжірибелерде әртүрлі дезинтеграторлардың ұнтақтау өнімділігі мен дисперстілігі эмпирикалық жолмен анықталады. Дәл сол сияқты эмпирикалық жолмен өзектердің материалы, пішіні, тағы басқа параметрлері таңдалынады.

Бөлшектердің өлшем бойынша бөлінуі

Жоғарғы дисперсиялы материалдарды алу үшін көрсетіліп кеткендей, ұнтақталған өнімнің ішінен қажетті өлшемді майда фракцияларды бөліп алуға айырғыштарды қолданады. Майда ұнтақтау аймағында қолданылатын барлық машиналар ішінен ауа–центрден тепкіш айырғыштары өздерін жақсы көрсетті және өнеркәсіптерге көп таралған түрі болып табылады. Олардың жұмыс істеу ұстанымы келесі үрділерден тұрады: материалдың бөлшектері бір уақытта екі күштің әсеріне ұшырайды – ағынның айналуынан пайда болатын центрден тепкіш күш және ағынның айырғыш бөлмешігінің центріне қарай қозғалуынан пайда болатын радиалды күш. Қатаң стационарлы жағдайда осы екі күштің теңдігін өлшемдері берілген бөлшектердің шеңбер траекториясының радиусы анықтайды. Есептеу дәрежесінен ірілеу бөлшектер шеттікке қарай серіппе траекториясы арқылы қозғалады, ал кішірек бөлшектер серіппе бойымен орталыққа қарай қозғалады.

Айырып алудың қарапайым теориясы центрден тепкіш әуе өрісінде сфера пішінді немесе кейбір эквивалентті сфераға оның өлшемдері мен пішіндерінің коэффициентін енгізу арқылы сфералық пішінге келтірілген бөлшектерді қарастырады. Болжау бойынша, бөлшектер қозғалатын тетіктермен жанаспайды, яғни ағында бос қозғалады.

Диаметрі X –қа тең бөлшекке әсер ететін центрден тепкіш күш келесі формуламен анықталады

$$f_u = \frac{\pi \cdot X^3 \cdot (D - D_0) \cdot U_\varphi^2}{6R} \quad (1)$$

Оның ағынмен ілесетін күші

$$f_{\psi} = \frac{1}{8} C \cdot \pi \cdot X^2 \cdot D_0 \cdot U_{\varphi}^2, \quad (2)$$

мұндағы D және D_0 – айырып алу жүретін орта мен бөлшектердің тығыздығы, г/м³;

R – радиус тангенсы, мм;

U және U_n – тангенциалды және радиалды центрден R -ға дейінгі қашықтықтағы ағын жылдамдығының құрамы;

X – осы үрдідегі бөлшек пішінінің сфера пішінінен кемшілігін ескеретін, өлшемсіз коэффициент.

$$0 < R_e < 1 \text{ болғанда } C = 24. \quad (3)$$

$$1 < R_e < 10 \text{ болғанда } C = \frac{13}{R_e^2}, \quad (4)$$

мұндағы R_e – Рейнольдс саны.

\square_{ψ} және \square_n күштердің теңдігін радиусы берілген шеңбер траекториясында орналасқан, өлшемі шектелген X_0 бөлшегі анықтайды. Өте ұсақ бөлшектер және аз ғана жылдамдықтар үшін (4) формулаға сәйкес

$$X_0 = 4,24 \cdot \left[\frac{D_0}{D - D_0} \cdot \nu \cdot X \right]^{\frac{1}{2}} \cdot (R \cdot U_r)^{\frac{1}{2}} \cdot U_{\varphi}^{-1}. \quad (5)$$

Егер бөлшектердің ірілігі орташа болса және U_r салыстырмалы көп болса

$$X_0 = 4,54 \cdot \left[\frac{D_0}{D - D_0} \cdot X \right]^2 \cdot \left[\frac{R^3 \cdot U_r}{U_{\varphi}^3} \right]^{\frac{1}{3}}, \quad (6)$$

$$U_r = \frac{Q}{2\pi \cdot R \cdot H}, \quad (7)$$

$$U_{\varphi} = U_{\varphi_0} \left[\frac{R_0}{R} \right]^2, \quad (8)$$

мұндағы Q – ауаның көлемдік шығыны, м³;

H – бөліну аумағының биіктігі, мм;

U_{φ_0} – аумақтың сыртқы шекарасындағы тангенциалды құрамасы;

R_0 – аумақтың ішкі шекарасынан орталыққа дейінгі қашықтық, мм.

Ағында ұйымдастыру әдісіне байланысты d шамасы $-1 \leq d \leq 1$ аралығында өзгереді.

Өте майда бөлшектер үшін $d = 0$ және $H(R) = \text{const}$ болғанда, $U_d = \text{const}$ және X_0 R -ға тәуелді болмайды. Олай болса, айырудың барлық аумақтары оларды тек бір мәнге тең өлшемді бөлшектерге айырады. Шеңбер траекториясымен қозғалатын тепе-теңдіктегі бөлшектер, аумақтың шектелуінде тұрақты болады және тепе-теңді бөлшектер осы аумақта қажетінше көп бола алады. Осы жағдай айырғыштың жұмыс істеуі үшін идеалды жағдай болып табылады. Оны орындау үшін ағынның бұрау жылдамдығы центрге жақындаған сайын $1/R$ -ға пропорционалды өсуі қажет. Классификациялық аумақтың кез-келген жеріне түскен X_0 -ден ірілеу бөлшектер серіппе арқылы шеттікке шығарылады, ал X_0 -ден кішірек бөлшектер сол сияқты серіппе арқылы центрге қарай жылжиды.

Егер $0 < d \leq 1$ болса, онда шеңбер орбитада центрге жақындай түсетін барлық ірі өлшемді бөлшектер тепе-теңді болады, ал егер $-1 \leq d < 0$ болса, барлық ұсақ бөлшектер тепе-теңді болады. Егер, $d \leq 0$ болса, айырғышта бөлшектер бір ғана өлшеммен шектелген бөлшектерге бөлінеді және олардың кейбір аудандары (8), (9) формулалар арқылы анықталады. $d \leq 0$ болғанда, тепе-теңді бөлшектердің шеңбер траекториясымен қозғалуы тұрақсыздық туғызады. Ағынның флюктуациясымен лақтырылған бөлшектер, оларды тепе-теңсіз спиральді траекторияға ауыстырады да, айырылған өнімдердің біріне жібереді.

(5), (6), (7) және (8) формулаларына негізденіп, келесі теңдеуді құрамыз

$$\frac{X_{01}}{X_{02}} = \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2, \quad (9)$$

мұндағы R_1 және R_2 – айыру ауданының шектелген радиустары, мм;

X_{01} және X_{02} – бөліну аумағының сыртқы және ішкі

Жоғарғы дисперсиялы ұнтақтағыштардың технологиялық параметрлерін тәжірибелік жолмен анықтау

Екі табақ бір-біріне қарама-қарсы минутына 1500 айналым жасайды. Жоғарғы табақ қабылдау өңешінен және ұнтақталған материалды қабылдайтын, сопақша пішінді 4 саңылаудан тұрады. Бұл уатқыштарды жасап шығарғандардың болжау бойынша, дезинтегратордағы материалдардың бөлшектері, айналып тұрған екі табақтың центрден тепкіш күшінің әсерінен лабиринттердің жоталарына соғылуынан ұнтақталынуы керек.

Қолданылатын материалдар: кварц құмы; Екібастұз көмірі; CaO –39,52%, Al_2O_3 –12,93%, MgO –7,87%, SiO_2 –36,56%, TiO_2 –0,78%, BaO –0,14%, MnO –0,74% құрамды домна қожы.

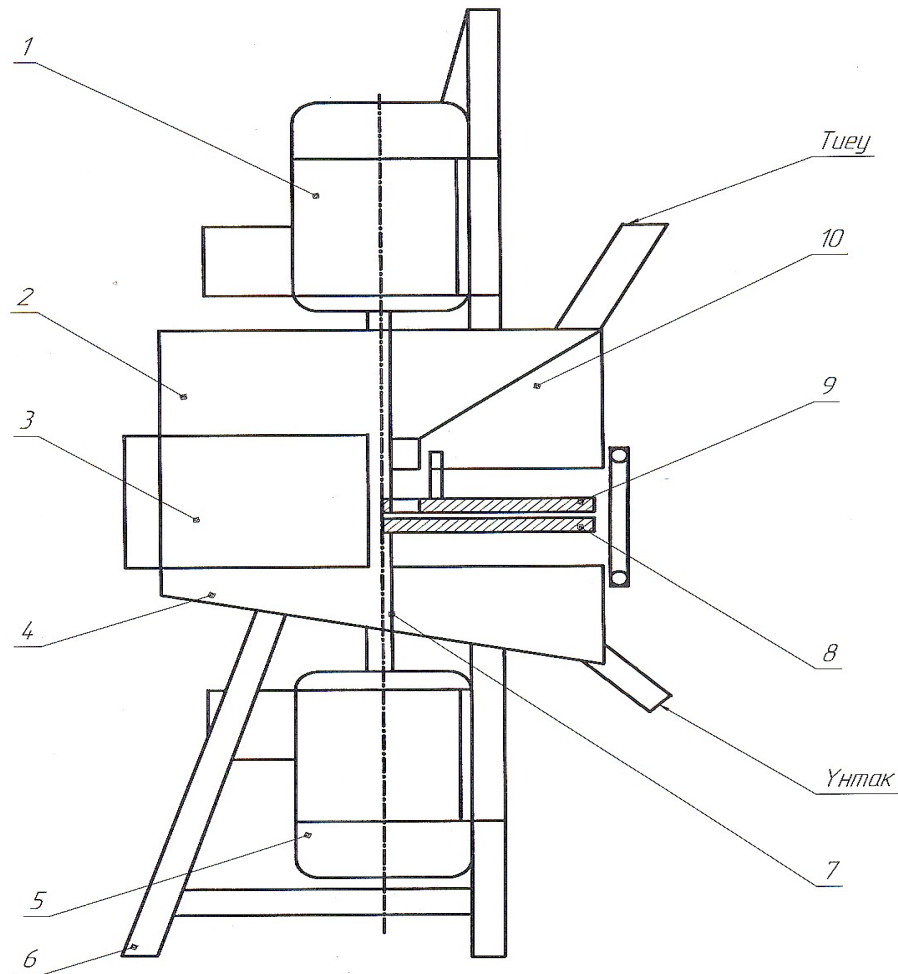
Жұмысты орындау тәртібі:

Екібастұз көмірі мен қож алдымен уатылады, кептіріледі содан соң барлық материалдар 1мм ұяшықты дірілді елеуіштерінде еленеді. Осындай түрде дайындалған материалдар Д0001 табақты дезинтеграторда ұнтақталады. Ұнтақтау үшін әр материалдан 100 г зат алынады және олар 3 минут бойы ұнтақталды. Әр бір материал үшін 5 тәжірибеден жасалынады.

Ұнтақталған материалдың микротүйіршікті құрамын, Усман механикалық зауытының арнаулы құрамында елеу талдауы арқылы анықталады. Алдымен

елеуістің тазалығын тексереді және оларды нөмірлері бойынша жинайды. Ең төменгі елеуіш № 005 астына табақ қойылады. Үстінгі елеуішке № 2,5 сынаққа алынған, массасы 100г материал төгіледі, елеуіш қаттамын қақпақпен жабады, оларды орнатады және құралдың табағына бекітеді.

Электродвигательді қосып, 15 минут ішінде сейілу жүргізіледі. Содан соң құралды тоқтатып, табактан елеуіштерді алады, қақпағын кетіреді. Әр елеуістің қалдық бөлшектерін жеке-жеке жылтырақ қағазға төгіп алады және бұл жағдайда елеуістің қабырғалары мен түбін жұмсақ жаққышпен жақсылап тазалайды. Әрбір қалдықты ВЛР-200 таразысында, 0,01г дәлдікке дейін өлшейді. Елеу талдаудың нәтижелері 1, 2 және 3 кестелерінде берілген.



- | | |
|-------------------------------|--------------------|
| 1 – үстінгі электродвигатель; | 6– тірек; |
| 2 – үстіңгі қаптама; | 7 – штифт; |
| 3 – құрсау; | 8 – астыңғы табақ; |
| 4 – астыңғы қаптама; | 9 – үстіңгі табақ; |
| 5 – астыңғы электродвигатель; | 10 – өңеш |

2 сурет – Д 0001 модельді дезинтегратордың жалпы көрінісі

1											
063											
04											
031											
025											
016											
01											
0063											
005											
Табак											

Ұнтақталатын материалдың күдікті өлшемдерін анықтаймыз, яғни егер, кварц құмынан диаметрі $d_0=0,01\text{м}$ күдікті өлшемнен кіші болса, онда берілген жағдайда, олар соққы күшінің әсерінен уатылмайды. Құмның беріктілігінің шегі $\sigma = 2000 \cdot 10^5 \text{ Па}$, көлемдік массасы $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Соққы жылдамдығы келесі қатынастан анықталады

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (10)$$

$$n = n_1 + n_2, \quad (11)$$

$$V = R_{\max} \cdot \omega, \quad (12)$$

мұндағы n_1 және n_2 – табақтардың айналу жиілігі, айн/мин;
 R_{\max} – табақтардың максималды радиусы, мм.

$$n = 1500 + 1500 = 3000 \text{ айн/мин.}$$

$$V = R_{\max} \frac{\pi}{30}, \quad (51)$$

$$V = 0,125 \cdot \frac{\pi}{30} \cdot 300 = 39,3 \text{ м/с,}$$

онда

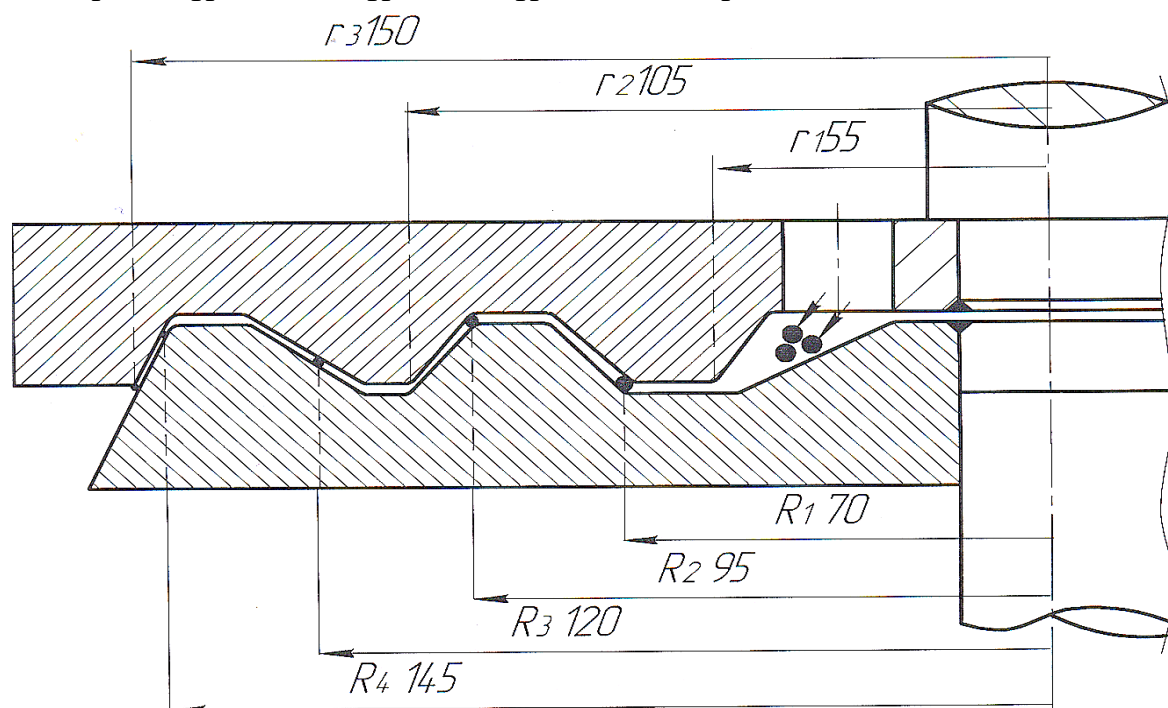
$$d_{кр} = \frac{230 \cdot 10^{-5} \cdot \sigma}{\rho \cdot V^{1,5}}, \quad (52)$$

$$d_{кр} = \frac{230 \cdot 10^{-5} \cdot 2000 \cdot 10^5}{2,7 \cdot 10^3 \cdot 39,3^{1,5}} = 0,69 \text{ м}$$

Осыдан $d_0 \ll d_{кр}$, яғни уатылу бөлшектердің өзара соқтығысуынан, мүлдем орындалмайды.

Сонымен, Д001 және Д0001 модельді уатқыштарды талдау жұмыстары, қондырғыда материалдың уатылуы және тартылуы, лабиринттік бунақтарда бөлшектердің жинақталуынан және сол бөлшектермен лабиринттер арасындағы жоталардың сыналануынан болатынын көрсетеді. Сонымен қатар, тартылу

көбінесе, бөлшектердің өзара үйкелісінен және жарым-жарты лабиринттің қабырғаларына үйкелуінен болады. Осындай ой пікір, ұнтақталу үрдісіне үздіксіз әсермен күштелген сипаттамалар беруге мүмкіндік туғызады. Сол үшін 6 суретте лабиринттік табақтардың құрылысын береміз. Сонымен қатар, қалған түзілімдердің құрылысы бұрынғы түрінде қалдырылады.



4 сурет – Сынаққа алынған қондырғы табақтарының түзілімі

Табақтары өзгертілген дезинтеграторлардың жұмыс істеу үрдісі

Табақтары өзгертілген дезинтегратор Д001 және Д0001 уатқыштарының қымтаусыздығын ескереді. Ол үшін сынақ кезінде айналу жылдамдығы $n=1500$ айн/мин үстінгі табағы тоқтатылады. Ұнтақтардың түйіршік өлшемді құрамының нашарлауы байқалмады, яғни дезинтегратор керісінше өзінің қуатын жартылай азайтады. Сонымен, төменде көрсетілген жұмыс істеу үрдісінің есептеулері бір ғана төменгі табағы айналатын дезинтеграторға қатысты.

7 суретте, айналмалы табақтар лабиринтінде бөлшектердің қозғалысы көрсетілген, ондағы R_1, R_2, R_3, R_4 – біліктің центрдегі қозғалмайтын осінен, лабиринттегі бөлшектерінің шағылуының теориялық нүтесіне дейінгі радиустар.

Кварц құмының диаметрі $d_1=10^{-3}$ м 1 бөлмешігіне (7 сурет): G_1 – ауырлық күші, $F_{ц1}$ – центрден тепкіш инерция күші, $F_{тp1}$ – бөлшектердің, лабиринттердің көлбеу қабырғаларына үйкеліс күші және $F_4 \cos \alpha$ – центрден тепкіш инерция күшінің құрамасы әсер етеді.

4–ші лабиринт құрылымының жоталары арасындағы осындай саңылаудың болуы, табақтардың өзара қауіпті соғылуына байланысты, мүмкін емес. Сондықтан 4–ші лабиринттің шығыс саңылауы $\Delta_{\min}=1,5$ мм болуы керек. Бірақ, материалдың ұнтағын техникалық дисперсияға $0,05 \div 0,08$ жеткізу үшін, жұмыс кезінде лабиринт жоталарының бір–біріне біршамаға жақындауы қажет. Оған, айналып жатқан табақта, айналу жиілігі $n=1500$ айн/мин болатын, амплитудасы аз діріл туғызу арқылы жетуге болады. Амплитуданың қажетті шамасы $a=0,5$ мм, айналмалы табақ бекітілген жақтама мен тұғыр арасына, белгілі қатаңдықты

резеңке төселгіш қолдану арқылы орындалады. Диірменнің жүктемесіз жұмыс кезінде егер, түзілім дұрыс құрастырылған болса және табақ теңгерілген болса, дірілдің мәні амплитуда мәнінен $a=0,03 \div 0,05$ мм аспауы керек. Ал, жоғарыда айтылған қажетті діріл амплитудасы, айналмалы табақ инерциясының центрден тепкіш күш лабиринтінде бөлшектердің бірқалыпты үлестірілмеген үшін пайда болады.

Осындай діріл, ұнтақталатын материалға бүйірлі қысқа, бірақ қуатты импульс күшін туғызады. Бұл ұнтақтаудың әсерлігін және ұнтақтың дисперсиясын арттырады.

Жоғарыда көрсетілген есептеулерге негізденіп, өлшіріледі 7 суретте көрсетілген табақтар жасалынып, Д001 уатқышына орнатылды. Алдымен екі табақ та айналады, бірақ үстіңгі табақтың айналуынан, оған саңылау арқылы түсетін бөлшектердің ағыны айырылып, ұнтаққа шашырайды да, оның дисперстілігін жасанды азайтады. Сондықтан, үстіңгі электродвигатель өшіріле береді, үстіңгі табақ тоқтатылады. Осындай дезинтеграторда, алдында көрсетілген 3 материалға 5 реттен жүргізілген тәжірибе сияқты, тәжірибелі ұнтақтау жүргізіледі. Тәжірибе нәтижелері, барлық материалдар үшін гранулометрия жағынан дерлік бірдей. Сондықтан нәтижелерді орташаландырып 4 кестеде келтірдік, ал гранулометриялық үлестірімнің орталанған графигі 8 суретте көрсетілген.

Ұнтақтардың орташаланған үлестірілім

Елеуіш нөмері	Ұнтақтың 100г мөлшері								
	Кварц құмы		Екібастұз көмірі		Домна қожы		Σ орташа мәні		
	г	%	г	%	г	%	г	%	
016									
01									
0063									
005									
Табақ									
Жинағы							100	100	

Мысты, никельді және терротинді концентраттарды алумен мыс-никель-терротинді кендерді қайта өңдеуге арналған аралас сұлбаларды қолдану.

Жұмыстың мақсаты: Мыс-никель-терротинді кендерден мысты, никельді және терротинді концентраттарды алу.

Қысқаша теориялық мәліметтер

Мыс-никельді кендерді (сурет 1) қайта өңдедің аралас магнитті-флотациялық сұлбаларды терротиннің қатты магнитті (моносиналы) түрлерінің түзілуімен келісілген никель және мыстың мөлшерінің кендерде болған жағдайда қолданады.

Магнитті ұнтақталған кеннен терротиннің ірі бөлінулерін жоюға (сурет 1, а), флотацияның алғашқы қоректенудің оның әрбіреуін қайта өңдеу үшін келесі флотацияның одан да ыңғайлы шарттары құрылуы мүмкін магнитті және магнитті емес фракцияға бөлінуі үшін флотацияның түрлі өнімдерінен терротинді соңына дейін алу үшін қолданады. Осылайша, ұсынылған норильдің мыс-никельді кендерді байытудың магнитті-флотациялық, күйдіру – магнитті-флотациялық және флотациялық-магнитті сұлбалары үрдістің басындағы терротиннің бөлінуі мысты және никельді концентраттардың сапасын жоғарлатуға, флотореагенттердің шығынын қысқартуға, террометаллургиялық үрдістен терротин бөлігін алып шығаруының есебінен металлургиялық зауыттардың экологиялық шарттарын жақсартуға мүмкіндік береді. «Фруд Стоби» мен «Кларабелл» фабрикаларында 15% классқа ± 0.2 мм дейін ұсақталған терротиннің 70%-на дейін кеннің магнитті айырумен жояды. Магнитті емес фракцияны ұжымды (коллетивті) мыс-никельді концентрат пен бақылау флотациясының концентратын алумен флотациялайды,

Мыс-никель-пирротинді рудаларды қайта өңдеу үшін аралас схемаларды қолдану. Түсті металдар кендерінің байыту технологиясы.

Зертханалық практикум

Кей кезде ақтастың орнына аз мөлшерде цианид салады (1г/т), натрий сульфиті, натрий гексаметафосфаты, органикалық коллоидтар (1, 4, 5). Мыс концентраттары сәйкес келетін талаптар 1 кестеде көрсетілген.

Материалдар және құрал-жабдықтар

100г салмақты мыс-никельді кендерінің қоспасы, 500мл көлемді өлшенген цилиндр, берілген концентратциялы ерітінділердің флотациялық реагенттері, 400мл көлемді тостаған, шетінде күрекше, рН – метр, камера сыйымдылығы 0,3л механикалық типтегі флотациялық машина, эвс – 1015 білікті типтегі электромагниттік араластырғыш.

Мыс-никельді-пирротитанды кендерді қайта өңдеуге арналған аралас сұлбаларды қолдану.

Түсті металл кендерін байыту технологиясы. 42 тәжірибелік жұмыста магнитті фракцияны қолданып, халькопирит және пентландит түйіршіктерін алу мақсатымен II – кезеңді флотацияны жүзеге асырады: I –кезеңде ұжымдастырылған концентрат, II – кезең әкті ортада жүргізіледі, онда флотация қалдықтарымен бірге пирротинді жойып, никельді концентрат алады. «Фруд Стойби» фабрикасының пирротинді жоюының өзіндік циклі бар.

Барлық жағдайда флотация әдістерін және магнитті сеперацияны араластыру мыс-никельді кендерді кешенді қолдану мәселелерін тиімді шешуге не

қосылған мыс-никельді концентраттардың, ондағы мыс пен никельдің оңтайлы мөлшердегі қатынаста болуына мүмкіндік береді.

Кірістірілген мыс-никельді кендерді қайта өңдеген кездегі қымбат компоненттерді толық алу тек никель мен мыс сульфидтерін шығарумен емес, сонымен бірге құрамында никель бар пирротинді толықтай шығарумен анықталады.

Тл 1,7 біліктерінің шығыңқы жұмыс аймағындағы магнит индукциясы.

Біліктің жұмыс білігінің диаметрі 100мм.

Мысты-никельді-пирротинді кендерді өңдеуге арналған аралас сұлбаларды қолдану. Түсті металдар кендерін байыту технологиясы. Зертханалық пратикум кесте 5.1 жалғасы

Мәндерінің көрсеткіштері

Біліктің жұмыс бөлігінің ұзындығы, 50мм

Жұмыс саңылауының өлшемі, 7-10 мм

Біліктің айналу жиілігі, 70 об/мин

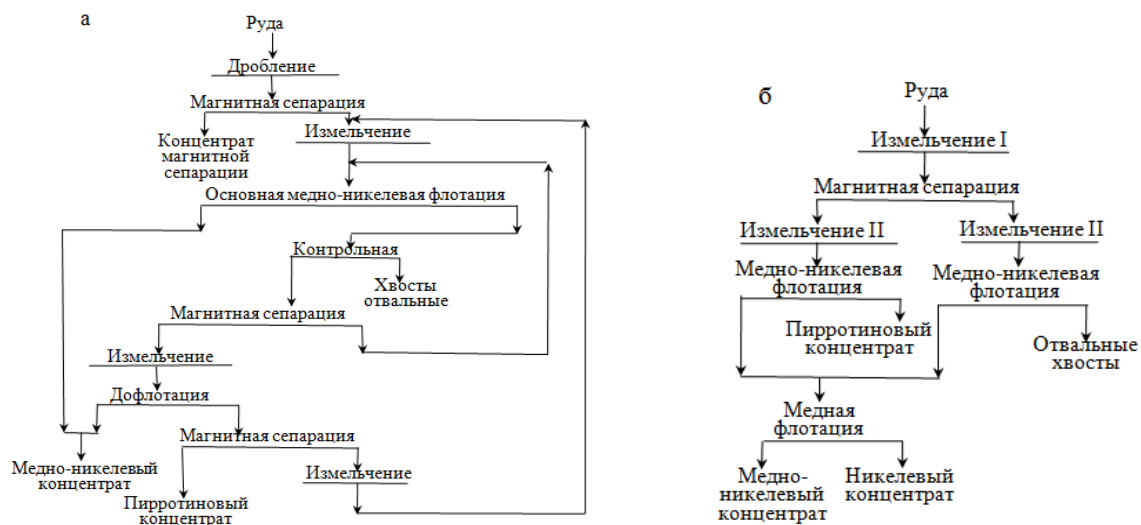
Білік жетегінің қуаты, 0.18 кВт

Электромагниттік жүйенің қуаты, А, 0.5-тен көп емес

Электромагниттік жүйенің орамдағы тоқ күші, А, 12-ден көп емес

Габариттік өлшемдер, мм (ұзындығы, ені, биіктігі) 540×340×50

Масса, 105 кг



Сурет 1 мыс-никельді кендерді принципіалды байыту нобайы



Сурет 2. Электрмагнитті білікшелі сепаратор ЭВС-10/5

Жұмыстың орындалу тәртібі

1. Мысты-никельді кеннің аспасын және реагенттің тізімі түрінде тапсырма ашу. Көрсетілген сұлба бойынша реагенттік режимін анықтау және оқытушының келісімінен кейін жұмысқа кірісу. Мысты-никельді-пирротинді кенді байытудың технологиялық сұлбасы.

2. Диірменді жуу, оған су, кен, реагентті салу. Осы кезде мына қатынас $T: Ж:Ш: = 1:0,5:8$ орындалуы керек. Берілген реагенттердің мөлшерін (1) формула бойынша есептеу. Қайырма түріндегі ұсақталған кенді флотациялық машинасының камерасына енгізу, рН мәнін өлшеу және реагентті енгізгеннен кейін флотация сұлбасы бойынша жүргізіледі, әр операцияда уақытпен рН мәндерін анықтау.

3. Барлық өнімдерді жеке қабылдағыштарға жинау, келтіру, өлшеу, химиялық талдау сынауға алу.

Мысты-никельді-пирротинді кендерді өңдеуге арналған аралас сұлбаларды қолдану.

Түсті металдар кендерін байыту технологиясы. Зертханалық практикум 4 Тәжірибе нәтижелерін өңдеу.

1. Технологиялық көрсеткіштерінің есебін жүзеге асыру.
2. Кесте түрінде тотырылатын металл балансын құру.

Бақылау сұрақтары

1. Неге никельдің флотация циклі бір, екі кейде үш операциядан тұрады?
2. Технологиялық сұлбаның қандай операциялары пирротинді концентратта және үйінді қалдықтағы металдағы шығынын төмендетеді?
3. Мыс-никельді кендерді өңдеудің технологиялық сұлбасын қандай мақсатпен магниттік сепарация енгізіледі?

Әдебиетер

1 Методические указания лабораторных работ по курсу «теория и технология подготовки сырья к доменной плавке» для специальности 0401 «металлургия черных металлов» Темиртау – 1985

2 Воскобойников В.Г. Общая металлургия [Текст]: Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2005. – 768 с.

3 Уткин Н.И. Производство цветных металлов. –2-е изд. – М. : Интермет Инжиниринг, 2004. – 442 с.

4 Севрюков Н.Н. Общая металлургия / Н.Н. Севрюков, Б.А. Кузьмин, Е.В. Челищев. – М. : Металлургия, 1976. – 568 с.

5 Бочаров В.А., Игнаткина В.А. Технология обогащения золотосодержащих руд и россыпей. Часть I. Обогащение золотосодержащего сырья: Курс лекций. – М.: МИСиС, 2003. – 270с.

6 Бочаров В.А., Игнаткина В.А. Технология обогащения полезных ископаемых: В 2т.Т.1: Минерально-сыревая база полезных ископаемых. Обогащение руд цветных металлов, руд и россыпей редких металлов. – М.: «Руда и Металлы», 2007. – 472с.

7 Кармазин В.В., Младецкий И.К., Пилов П.И. Расчеты технологических показателей обогащения полезных ископаемых: Учебное пособие. – М.: МГГУ, 2006. – 221с.

8 Бекмұхаметов Е., Сыздықов Н., Әбдірахманов А. Орысша-қазақша политехникалық түсіндірме сөздік. Алматы: Қазақстан, 1979. – 400б.

9 Алгебраистова, Н. К. А45 Технология обогащения руд цветных металлов [Электронный ресурс]: лаб. практикум / Н. К. Алгебраистова, А. А. Кондратьева. – Электрон. дан. (3 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 80с.