



ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ
ВАЗИРЛИГИ

ҚАРШИ МУХАНДИСЛИК ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ

«МАГИСТРАТУРА» бўлими

5A522404 Минерал ўғитлар кимёвий технологияси
мутахассислиги 2-курс магистранти
Назаров Ферузнинг

Минералл ўғитлар ишлаб чиқариш назарияси ва технологик
хисоблар фанидан

РЕФЕРАТИ

Мавзу: *Флотация қурилмасининг тузилиши ва ишлаш принци*

Бажарди :

Назаров Ф

Қабул килди :

т.ф.н. Ю.Хидирова

Қарши – 2012 й

Мавзу: *Флотация қурилмасининг тузилиши ва ишлаш принци*

РЕЖА:

- 1. ФЛОТАЦИОН МАШИНАЛАР ТАСНИФИ**
- 2. ФЛОТАЦИЯДА ҚЎЛЛАНИЛАДИГАН ЁРДАМЧИ ДАСТГОҲЛАР**
- 3. ФЛОТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯСИ**
- 4. ФЛОТАЦИЯ СХЕМАЛАРИ**

ХУЛОСА

Фойдаланилган адабиётлар

КИРИШ

Қурилиш материаллари ёқилғи, кимёвий моддалар ва металлларни олиш манбаи фойдали қазилмалар ҳисобланади.

Фойдали қазилма деб, фан ва техникаларнинг ҳозирги замон тараққиёти даражасида табиий ёки бирламчи ишлов берилгандан сўнг халқ хўжалигида фойдаланиш мумкин бўлиб, анорганик ёки органик келиб чиқишига эга бўлган табиий минерал ҳам ашиёга айтилади.

Фойдали қазилмалар қатти, суюқ ва газсимон бўлади. Қаттиқ фойдали қазилмалар хилма-хил бўлиб, уларни қуйидаги гуруҳларг бўлиш мумкин:

- метал рудалар: қора, рангли, ноёб, нодир ва бошқа металллар олиш учун фойдаланиладиган фойдали қазилмалар;
- металсизлар: Киме саноати учун ҳар хил бирикмалар, сопол, чинни, қурилиш материаллари, шиша ва бошқа материаллар олиш учун манба бўлган фойдали қазилмалар;
- ёнувчи фойдали қазилмалар: кўмир, ёнувчи сланецлар, торф.

Булар ёқилғи ва кимё саноати учун ҳам ашиё манбаидир. Қаттиқ фойдали қазилмалар таркибида фойдали ва фойдасиз (кераксиз) минераллар (тоғ жинслари) мавжуд.

Фойдали (қийматли) минераллар деб, шундай табиий минералларга айтиладики, уни олиш мақсадида фойдали қазилма қазилиб олинади. (Масалан, мис рудасидан мис, олтин рудасидан олтин, рух рудасидан рух минераллари). Асосий фойдали минераллардан ташқари рудалардан йўлдош (примес) минераллар бўлиши мумкин.

Масалан мис рудасидан олтин, кўмиш, рух, қўрғошин (фойдали) ва симоб, сурма, маргимуш минераллари (зарарли) учрайди.

Рангли металллар рудаларида фойдасиз минералларга SiO_2 , CaCO_3 , MgCO_3 темир ва алюминий минераллари киради ва улар кераксиз жинслар (пустая порода) деб аталади.

Фойдали қазилмаларни бойитиш деб, фойдали минералларни фойдасиз жинслардан ажратиш олиш учун қондан қазиб олинган минерал ҳам ашиёга берилган бирламчи ишловлар мажмуида айтилади. Бойитиш технологияси бир нечта кетма-кет бажариладиган жараён (операция) лардан иборат.

Тайёргарлик ишлари-майдалаш, элаш ва таснифлаш. Яъни минералларни бир биридан ажратиш учун қулай ўлчамга эга бўлган заррачаларга айлантириш.

Бойитиш жараёни-минералларни бир-биридан ажратиш. Натижада фойдали минералларга бой бўлган маҳсулот-бойитма ва фойдасиз жинслар тўпланган маҳсулот-чиқинди олинади. Баъзида оралиқ маҳсулот ҳам олиниб, уни қайта бойитиш жараёнига юбоилади.

Ёрдамчи жараёнлар-бойитиш натижасида олинган маҳсулотларни қуриштириш (сувсизлантириш), чиқинди сувларини тозалаш ва ҳавони чанглардан фориғ этиш ишлари киради.

Фойдали қазилмаларни бойитиш усуллари хилма-хил. Шулардан: оддий саралаш-заррачаларнинг ташқи кўринишига, гравитация усули - заррачаларнинг зичлигидаги фарққа, флотация - заррачалар юзаларининг кимёвий хусусиятига, магнитли саралаш-заррачаларнинг магнит майдонида таъсирланишига, электр саралаш-заррачаларнинг электр майдонида таъсирланишига, радиометрик саралаш- заррачаларнинг радиоактивлигидаги фарққа асосланган.

Бойитиш технологиясини қабул қилишда руда таркибидаги ажратилиши керак бўлган минералларнинг қайси бир хоссалари бир-биридан катта фарқ қилса, шу хоссага асосланган бойитиш усули қабул қилинади.

Юқорида кўриб ўтилган бойитиш усуллارининг орасида энг кўп қўлланиладигани флотация усулидир. Қазиб олинган фойдали қазилмаларнинг 90% дан ортиғи флотация усулида бойитилади.

1. ФЛОТАЦИОН МАШИНАЛАР ТАСНИФИ

Флотация жараёни флотацион машиналар деб аталувчи бойитиш аппаратларида амалга оширилади.

Флотацион машиналарнинг конструкцион тузилиши ва ишлатилиш соҳаларидан қатъий назар уларнинг умумий белгиси ишчи муҳит сифатида майда ҳаво пуфакчалари билан тўйинган бўтананинг ишлатилишидир.

Бўтанани аралаштириш ва аэрациялаш усулига қараб флотацион машиналар 3 турга бўлинади:

- 1) механик
- 2) пневматик
- 3) пневмомеханик

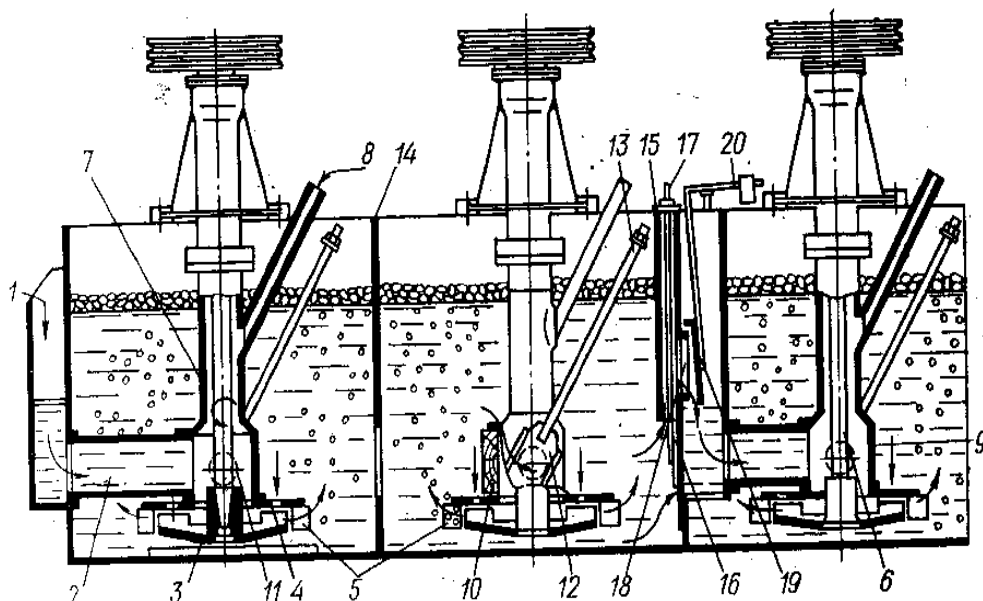
Механик флотация машиналари

Механик флотация машиналари бўтанани аралаштириш, қавони майда пуфакчаларга ажратиш ва атмосферадан ҳавони сўриш импеллер (махсус конструкцияга эга аралаштиргич) 1 ёрдамида амалга оширилади.

Пневматик флотацион машиналарда бўтанани ҳавога тўйинтириш ва уни аралаштириш ҳаво пуфловчи мослама орқали бериладиган сиқилган ҳаво ёрдамида амалга оширилади.

Пневмомеханик (комбинацияланган) флотацион машиналарда сиқилган ҳаво ҳаво пуфлагичлардан берилади, ҳавони майдалаш ва бўтанани аралаштириш айланувчи импеллер орқали амалга оширилади.

Механик флотацион машиналар бойитиш фабрикаларида энг кўп тарқалган ҳисобланади. (1-расм)

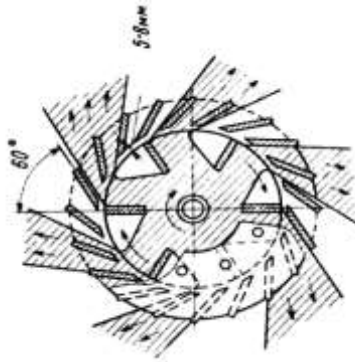


1-расм. Механик турдаги флотация машинаси:

1-чўнтак; 2- патрубок; 3-импеллер; 4- статор диски; 5- статор йўналтиргичи; 6- импеллер вали; 7- марказий қувур; 8- ҳаво узаувчи қувур; 9-стакан; 10-тикин; 11- қарама қарши жойлашган айлана тешиқлар; 12-шибер; 13- тяга; 14- тўсқич; 15-металл короба; 16- тешиқлар; 17-стержен; 18-тешиқ; 19-копқок; 20 - рычаг

Машина тўсиқ орқали бир нечта тўғри бурчакли камераларга бўлинган ваннадан иборат. У ҳар бири иккита-сўрувчи ва оқиб ўтувчи камералардан иборат секциялардан йиғилади.

Ҳар қайси камерада марказий труба бўлиб, унинг ичида импеллерли вал айланади. Импеллер вертикал валга қаттиқ маҳкамланган радиал парракли ротордан иборат. Вал понасимон-қайишли узатма орқали электродвигателдан қаракатга келтирилади. Марказий трубанинг қуйи қисми кенгайтирилган ва горизонтал ҳолдаги (бўтанани циркуляция қилувчи ва йўналтирувчи парракли) импеллер усти диски ўрнатилган стаканга ўтади. Парраклар диск радиусига нисбатан 60° ли бурчак остида жойлашган. (2-расм)



2-расм. Механик машинада статор парракларини ўрнатиш схемаси

Парракли диск машинанинг статори дейилади. Статор импеллер тўхтаганда, уни лойқа билан тўлиб қолишдан асрайди. Стакан учта тешиқка эга. Улардан бирига сўрувчи камераларда сўрувчи қисқа-тармоқланган труба уланган. Оқиб ўтувчи камераларда бу тешиқ пўкак билан беркитиб қўйилади. Қолган иккита тешиқ бир-бирига қарама-қарши жойлашган бўлиб, оралиқ маҳсулотни қайтадан флотациялаш учун камерага қайтаришга хизмат қилади. Агар оралиқ маҳсулот камерага қайтарилмаса, тешиқларнинг бири пробка билан ёпиб қўйилади, иккинчиси эса тортиш кучи билан сўрилувчи шибер орқали ёпилади. Шибер ёрдамида импеллерга тушаётган бўтананинг сарфи бошқарилади. Сўрувчи ва оқиб ўтувчи камералар бир-биридан пастки қисмида тешиги бор тўсиқ билан ажратилган, шунинг ҳисобига камераларда бўтана бир хил сатҳда ушланади.

Механик флотацион машинанинг асосий детали импеллер ҳисобланиб, у ҳавони сўриш ва сўрилган ҳавони майда заррачаларга ажратишни таъминлайди ва бўтанани ҳаво билан тўйинтиради. Импеллернинг айланиш тезлиги қанча катта бўлса, у шунча кўп ҳавони сўради. Лекин бу тезлик қаддан ташқари катта бўлмаслиги керак, акс ҳолда тез аралаштириш натижасида минерал заррачанинг ҳаво пуфакчасидан узилиши содир бўлади.

Машина қуйидагича ишлайди. Бўтана юкловчи чўнтакдан патрубк орқали импеллер устидаги бўшлиққа сўрилади, у ердан катта тезликда статор парраклари орасидан камерага отилади. Бу вақтда импеллер зонасидаги босимда фарқ ҳосил бўлади ва марказий труба ва патрубк орқали атмосферадан ҳаво сўрилади; сўрилган ҳаво жуда кўп майда заррачаларга парчаланиб, бўтанани бутун қамми бўйича тарқалади.

Оқиб ўтувчи камерада бўтана кейинги икки камерали секцияга тушади ва жараён қайтарилади. Флотацияланмаган минераллар охириги камерада чикариб олинади.

Механик флотацион машиналарнинг афзаллиги уларга хизмат кўрсатиш ва таъмирлашнинг қулайлиги камда осонлиги.

Импеллер ва статордан иборат узаткичли механизм бир бўлакда йигилган бўлиб, уни бошқаси билан тез ва осон алмаштириш мумкин ёки бошқа исталган камерага ўрнатиш мумкин.

Пневматик флотацион машиналар

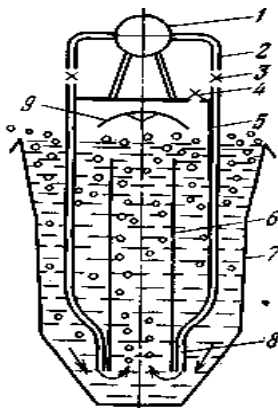
Пневматик (аэролифт) флотацион машиналар содда тузилишга эга, ишлатиш вақтида тежамли, минерал таркиби бўйича унча мураккаб бўлмаган рудаларни бойитишда ишлатилади. Бу машиналар аэролифт (ҳаво ёрдамида кўтарилиш) принципи бўйича ишлайди ва шунинг учун аэролифт машиналар деб аталади.

Ваннанинг чуқурлигига қараб, аэролифт машиналар 2 га бўлинади:

1) саёз (ваннанинг чуқурлиги 0,9м)

2) чуқур (ваннанинг чуқурлиги 2,4 м дан 3 м гача).

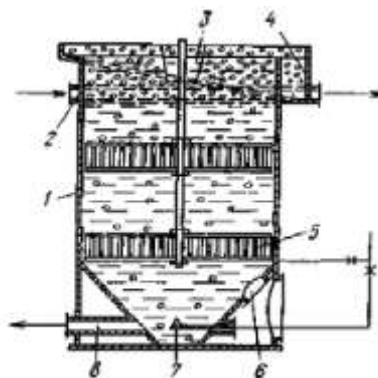
Чуқур аэролифтли машина ванна 7, аэролифт 6 ва аэратор 6 дан иборат. Аэролифт ваннанинг марказий бўлими ҳисобланади машинанинг тубига етмаган 2 та вертикал тўсик орқали ҳосил қилинади (3–расм). Аэратор пўлатдан пайвандланган қутича ҳолида тайёрланиб, пастки қисмида аэролифтга ҳаво кирадиган тешик билан тамомланади. Аэратор 8 га ҳаво марказий коллектор 1 дан иккита ҳаво ўтказувчи қувур 2 лар орқали берилиб, тешикнинг бутун кенглиги бўйича тарқалади. Ҳаво ўтказувчи қувур юқорида зулфин (сурма қопқоқ) 3 га эга. Машинанинг ёнбош бўлмаларидаги бўтана ҳаво билан кам тўйингани учун марказий бўлмадаги бўтанага нисбатан каттароқ зичликка эга бўлади ва у аэролифт камерага томон интилади.



3–расм. Чуқур аэролифт флотацион машина

Аэролифт камерада ҳаво пуфакчаларининг майдаланиши бўтана-ҳаво аралашмасининг турбулент қаракати туфайли юзага келади. Минераллашган ҳаво пуфакчалари аэролифт камерада юқорига кўтарилади ва йўналтирувчи тўсик 5 лар ёрдамида ёнбош бўлмаларга отилади. Бу мақсадда аэрокамера устига отбойник 9 (ушловчи) ўрнатилади. Бўтанани аралаштириш, ташиш, бўтана-ҳаво аралашмасини аэролифт камерада чикариш учун керак бўлган ҳаво тешик 4 орқали атмосферага чикариб юборилади.

Пневматик флотацион машина ФП-100 рангли, нодир, камёб ва қора металл рудаларини, ҳамда кўмир ва шу каби фойдали қазилмаларни бойитишда ишлатилади. Ўзирги вақтда қўлланилаётган механик ва пневматик флотацион машиналардан тузилишининг соддаллиги, қаракатланувчи ва тез ишдан чикувчи қисмларининг йўқлиги, кам метал ва электрэнергия ишлатилиши, кам жой эгаллаши билан ажралиб туради. (4–расм)



4-расм. Пневматик флотацион машина ФП–100

Машина асоси конус шаклидаги ($30-55^{\circ}$ бурчак остида) пўлат листдан тайёрланган вертикал цилиндрик камера 1 дан иборат. Машина конус қисмининг пастида унинг ўқи бўйлаб ёрдамчи шайбали аэратор 7 ўрнатилган. Бу аэратор резинадан тайёрланиб, машина деворига маҳкамланади ва машина узок вақт ишламай туриб қолганда уни ичидаги маҳсулоти билан бирга ишга туширишга хизмат қилади.

Конус қисмининг юқориси цилиндрик қисм билан уланган жойда тешик-тешик эластик найдан ясалган асосий аэратор 5 кронштейнга таянади.

Аэраторнинг каркаси (қобирђа) метал трубадан уни геометрик тарзда ушлайдиган ниппел билан тайёрланиб, уларга эластик тешик-тешик трубалар маҳкамланади.

Машинанинг юқори қисмида тахминан 4 м баландликда иккинчи аэратор ўрнатилган. Иккала аэратор кам ўзларини машина баландлиги бўйлаб йўналтирувчи ва кўтарувчи мосламалар билан таъминланган. Бу эса флотация маҳсулотларига қўйиладиган талабга қараб, флотацияни бошқариш имконини беради.

Машинани дастлабки маҳсулот (бўтана) билан тўлдириш унинг ёнбошидаги (юқори қисмида) тўйнуқ 2 орқали амалга оширилади.

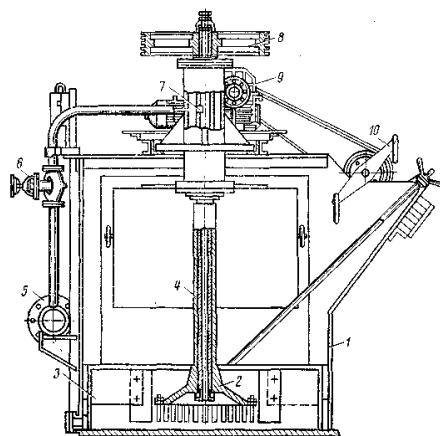
Кўпикли маҳсулот (бойитма) тарновча 4 га оқиб тушади. Чиқинди бўшатувчи мослама 8 орқали чиқарилади.

Аэраторга берилаётган ҳавонинг сарфи ва босимини ўзгартириб кўпикни минераллаштириш, бойитманинг сифатини ва чиқишини бошқариш мумкин.

Машинанинг юқори қисмида кўпик ушловчи мослама ўрнатилган бўлиб, у кўпикни марказдан четга йўналтиради. Машинани кўздан кечириш учун унинг остки қисмида люк ўрнатилган.

Пневмомеханик флотацион машиналар

Пневмомеханик флотацион машиналар ишлаш принципига қараб механик машиналарга ўхшайди, фарқи эса аэратор бўјимининг тузилишида. Бу машиналарда аэратор атмосферадан қавони сўриш учун эмас, балки сиқилган қавони (камерага мажбуран берилган) майдалашга ва бўтанадаги қаттиқ заррачаларни муаллақ қолда ушлаб туриш учун мўлжалланган. (5-расм)



5–расм. Пневмомеханик флотацион машина

Ҳаво җаво пуфлагичдан $(0,2-0,4) \cdot 10^{-4}$ Па босим остида машина корпуси 1 орқа девори бўйлаб жойлашган җаво коллекторига ва найдаги тешикча 7 лар орқали бўш вертикал вал 4 орқали айланаётган импеллер 2 га тушади ва у ерда майда җаво пуфакчалари ҳосил бўлади. Камерага бериладиган җаво сарфини бошқариш учун вентил хизмат қилади.

Радиал парракли аралаштиргичлар 3 парраклар тўпламидан иборат бўлиб, уларнинг пастки зихи (чети) корпуснинг тубига етмайди, бу билан камера деворларида лой тўпланиб қолишининг олди олинади ва бўтананинг җаво пуфаклари билан бир текис тўйиниши содир бўлади. Камерага бериладиган җавони бошқариш учун вентиль 6 хизмат қилади.

Кўпikli мақсулот шкив 8 ва редуктор 9 орқали җаракатга келтириладиган электродвигателдан айланадиган кўпик қайдовчи мослама орқали ажратиб олинади.

Пневмомеханик машиналар механик машиналарга нисбатан бир қатор афзалликларга эга. Бу машиналарда флотация тезлиги катта, җаво яхши майдаланади, электроэнергия сарфи камаяди.

Пневмомеханик машиналарда флотация олиб бориш уларда флотация тезлигининг механик машиналардагига нисбатан 30-40% ошиши, электр энергиянинг сарфи эса 30-40% камайишини кўрсатади.

1-жадвалда пневмомеханик флотацион машиналарнинг техник характеристикаси келтирилган.

1–жадвал

*Пневмомеханик флотацион машиналарнинг техник
характеристикаси*

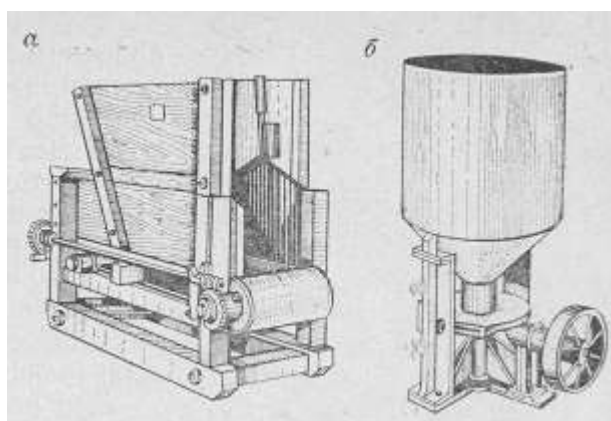
Кўрсаткичлар	ФПМ–ГМО–1,6	ФПР–40	ФПР–63
Камеранинг фойдали җажми,	1,6	3,2	6,3
Камералар сони	2–6	8	8
Импеллер диаметри, мм	600; 750	600; 750	750; 900
Импеллернинг айланиш тезлиги, м/с	6,5	–	–
Битта камерага сарфланадиган җавонинг	3,5	3,5	6

Самал миқдори, м ³ /мин			
Бўтана бўйича ишлаб чиқариш	6 гача	5–8	8–14
Идорлиги, м ³ /мин			
Электродвигатель қуввати, кВт	6,3	8,6	23,1
Икки камерали секциянинг оғирлиги, т	3,8	3,2	5,1

2. ФЛОТАЦИЯДА ҚЎЛЛАНИЛАДИГАН ЁРДАМЧИ ДАСТГОҲЛАР

Флотация фабрикаларининг ёрдамчи дастгоҳларига реагент таъминлагичлар, контакт чанлари ва эмульгаторлар киради. Реагент таъминлагичлари флотация реагентларини жараёнга бир текис бериш учун қўлланилади. Реагентларнинг хоссаларига қараб турли тузилишга эга таъминлагичлар ишлатилади.

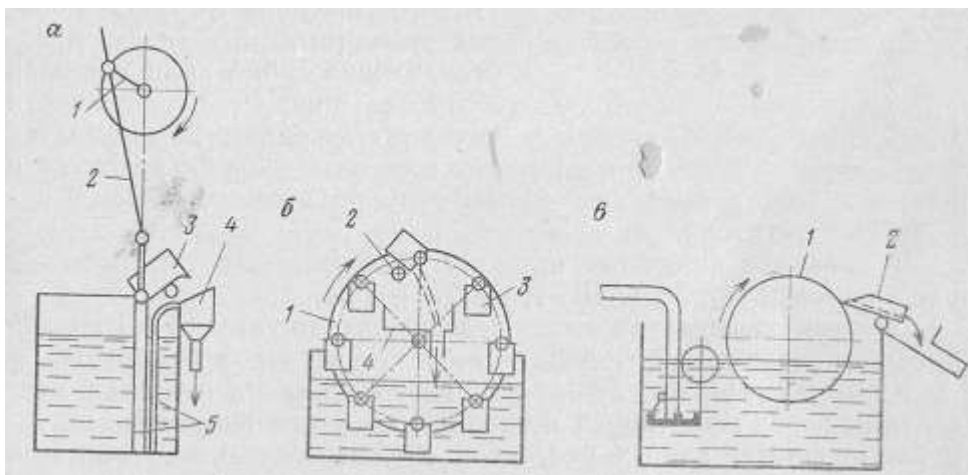
Қурук, сепилувчи реагентларни бериш учун ҳаракатланувчи тасмали ёки айланувчи тарелкали таъминлагичлар ишлатилади (6-расм).



6-расм. Сепилувчи реагентлар учун таъминлагич:
а-тасмали; б-тарелкали.

Ёпишқоқ бўлмаган суюқ флотация реагентларини бериш учун скипли ёки стаканли таъминлагичлар ишлатилади.

Скипли таъминлагич (7-расм, а) кривошип-шатунли механизм 1 дан, (кривошип-тўғри чизикли ҳаракатни айланма ҳаракатга айлантирадиган механизмларнинг (Z) симон қисми), йўналтирувчи 5 да ҳаракатланувчи стакан-скип 3 дан иборат (7-расм)..



7-расм. Суюқ реагентлар учун таъминлагич: а-скипли;
б-стаканчали; в-шкивли.

Стакан-скип пастки холатда бака ботирилади ва суюқлик билан лик тўлдирилади. Юқорига кўтарилиб, стакан-скип воронка 4 устидан мажбуран тўнкарилади, ундан реагент жараён йўналтирилади. Стакан-скипнинг тўнкарилиш даражаси шунингдек, ундан қуйилиб тушадиган суюқликнинг хажми шатун 2 нинг узунлигини ўзгартириб созланади.

Стаканчали таъминлагич (7-расм,б) суюқ реагентга ботирилган ғилдирак 1 унинг бармоқларига шарнирда стаканча 3 лар осилган. Ғилдирак айланганда тўлдирилган стаканчалар кўтарилади, ёнбош томони билан стержен 2 га тегиб, эгилади. Бунда реагентнинг бир қисми воронка 4 га ағдарилади ва жараёнга йўналтирилади. Реагентнинг сарфланиши стержен 2 нинг ҳолатини ўзгартириб созланади. Бу стаканчанинг оғиш бурчагини ва улардан оқиб тушаётган суюқлик хажмини ё оширади, ёки камайтиради.

Қовушқоқ реагентларни (ёғларни бериш учун шкивли таъминлагичлар ишлатилади (7-расм, в). Шкивли таъминлагич ёғ айланувчи шкив 1 дан иборат бўлиб, унинг юзасидан куракча 2 ёрдамида реагентнинг маълум қатлами кўчириб олинади ва жараёнга йўналтирилади.

Контакт чанлари бўтанани флотациядан олдин реагентлар билан аралаштириш ва флотация реагентларининг минерал заррача билан таъсирлашув вақтини ошириш мақсадида ишлатилади. Бу минералнинг реагент билан флотация машинасининг камерасида таъсирлашув вақти етарли бўлмаганда зарур бўлади.

Контакт чани металл бак 1 дан иборат бўлиб ўқи бўйлаб аэрацион труба 2 да импеллер 8 ли вертикал вал ўрнатилган. Вал электродвигатель 3 орқали ҳаракатга келтирилади. Аэрацион труба тиргакли плита 6 га ўрнатилган.

Бўтана реагентлар билан бирга юкловчи патрубк 9 орқали тушади. Импеллернинг айланиши минерал заррачаларни муаллақ ҳолда ушлаб туришни ва бўтанани флотация реагентлари билан яхши аралаштиришни таъминлайди. Тайёрланган бўтана контакт чандан тешик 5 орқали узлуксиз тушириб олинади ва флотация машинасига йўналтирилади. Контакт чани қуйилиш патрубк 4 ва авария ҳолатда бўтанани чиқариб олиш учун патрубк 7 га эга.

Контакт чанлари диаметри 1 дан 5 м гача, хажми 0,6 дан 88 м³ гача ўлчамда ишлаб чиқарилади.

Флотомашиналарнинг ҳажмини ҳисоблаш

Лойиҳалаш, ишлаб чиқаришда ва тадқиқот ишларида қуйидагиларни аниқлаш зарурияти туғилади:

1. Фабрикани унумдорлиги ва флотацияни давомийлиги маълум бўлганда, технология учун маълум ҳажмли флотомашиналарни сонини;
2. Машиналар сони ва уларнинг ўлчами маълум бўлганда фабрикани унумдорлигини;

3. Машиналарни сони, ўлчамлари ва унумдорлиги маълум бўлганда флотацияни давомийлигини аниқлаш.

Ҳисоб-китобларни бажариш учун асосий кўрсаткич флотацияни давомийлиги ҳар бир операция учун ҳисобланади. Бу кўрсаткич, ҳар бир аниқ мақсад учун тажриба ва ярим саноат шароитида махсус тажрибалар ўтказиш йўли билан аниқланади. Тажриба шароитида (кичик дастгоҳларда) олинган натижалар, саноат масштабида ўтказилган тажрибалар натижаларидан 10 % дан 50 % гача фарқ қилиши мумкин. Шунинг учун кичик ҳажмли флотомашиналарда олинган кўрсаткичлар катта ҳажмли флотомашиналарда тажриба ўтказилиб, синаб кўрилиши лозим бўлади.

Флотокамералар сонини аниқлаш (камерали ва тўғри оқимли турдаги флотомашиналарни сони) қуйидаги тенглама билан ҳисобланади:

$$n = \frac{V_b t}{V_K K} = \frac{V_C t}{1440 V_K K} \quad (1)$$

Бу ерда: n - керак бўлган камералар сони;

V_b - бўтананинг ҳажми, м³/мин;

t - флотацияни давомийлиги, мин;

V_K - камерани ҳажми, м³. $K = 0,65-0,75$;

V_C - бўтананинг кунлик ҳажми, м³/кун.

Тоғора туридаги машина узунлиги қуйидаги тенглама билан ҳисобланади:

$$L = \frac{V_b t}{SK} = \frac{V_C t}{1440 SK} \quad (2)$$

Бу ерда, L -машина узунлиги, м;

S -бўтана билан банд бўлган ваннанинг қирқим юзаси, м².

Ваннани максимал узунлиги 10 метрдан ошмаслиги керак.

Бир соатдаги алмашишлар сони қуйидаги тенглик билан ҳисобланади:

$$m = \frac{60}{t} \quad (3)$$

Бир соатда флотацияга тушаётган бўтананинг миқдори қуйидаги тенглик билан ҳисобланади:

$$M_q = \frac{M_c}{24} \quad (4)$$

Бўтана бўйича камеранинг умумий ҳажми қуйидаги тенглик билан ҳисобланади:

$$V_v = \frac{V_q}{m} = \frac{V_q \cdot t}{60} \quad (5)$$

Камералар сони қуйидаги тенглик билан аниқланади:

$$n = \frac{V_g}{V_K K} \quad (6)$$

Флотацияга тушаётган бўтананинг миқдори ва зичлигини аниқлашда қуйидаги тенгликдан фойдаланилади:

$$V_c = Q(R + \frac{1}{\delta}) \quad (7)$$

Бу ерда, Q - руда миқдори, т/кун;

δ - руданинг зичлиги.

R - (C : K) – суюқ ва қаттиқ моддаларни оғирлик нисбати

Юқоридагиларни ҳисобга олиб, қуйидаги тенгликларни келтириб чиқарамиз:

$$Q = \frac{V_c \delta}{\delta R + 1} \text{ ёки } R = \frac{V_c \delta - Q}{Q \delta} \quad (8)$$

3. ФЛОТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯСИ

Флотация жараёнига таъсир қилувчи омиллар

Флотация—универсал ва юқори технологик кўрсаткичларга эришиш мумкин бўлган жараён. Ҳисобланиб, унинг боришига кўп сонли омиллар таъсир қилиши мумкин. Уларга: дастлабки маҳсулотнинг минерал таркиби ва йириклиги, бўтананинг зичлиги, қарорат, реагент тартиби, сувнинг таркиби, флотация вақти, бўтананинг машинадаги аэрацияланиш даражаси ва Ҳ.к.лар киради.

Қўлланадиган реагентларни танлаш, уларнинг сарфи ва рудадаги компонентларни ажратиш кетма-кетлиги бойитилаётган руданинг минерал таркибига боғлиқ. Рудани минерал–петрографик ўрганиш асосида флотациядан олдин ҳамма минерал компонентларнинг таркиби, ўсимталарнинг ўзаро тузилиши, бегона аралашмаларнинг оксидланиш даражаси ва ҳар қайси компонентнинг масса улуши белгиланади. Бунинг асосида реагентлар танланади, янчиш ва флотация схемалари белгиланади.

Турли хил рудалар турлича флотацияланади. Сульфидли минералларни носульфид минераллардан флотация усули билан осон ажратиш мумкин. Сульфидли рудаларнинг оксидланиши ва танлаб эритилиши натижасида ҳосил бўлган оксидли рудаларнинг флотацион қобилияти суст бўлади ва улар аввал сульфидланмасдан туриб флотацияланмайди.

Флотацияда дастлабки маҳсулотнинг йириклиги шундай бўлиши керакки, қимматбаҳо компонент заррачалари ўзига ёпишган пуч тоғ жинслари минералларидан тўлиқ озод бўлган ва флотацияланувчи заррачаларнинг ўлчами ҳаво пуфакчаларининг кўтарилиш кучига мос келиши керак.

Одатда флотацияни заррачаларнинг ўлчами 0,02-0,5 мм орасида олиб борилади. Флотацияланувчи минерал заррачаларнинг максимал ўлчами уларнинг гидрофоблигига ва шаклига боғлиқ. Рудани флотациядан олдин янчганда шунга эришиш керакки, дастлабки бўтана таркибида флотацияланиши мумкин бўлмаган йирик заррачалар ҳам, шунингдек, ажратишни кескин ёмонлаштирувчи ва реагентлар сарфини оширувчи, ўлчами 0,02 мм дан кичик шламлар кам бўлмасин.

Бўтана қаттиқ заррачаларининг масса улуши 15-40% гача бўлиши мумкин. Флотациянинг баъзи операцияларида суяқроқ бўтана ишлатиш мақсадга мувофиқ бўлса, айрим операциялар учун эса бўтана қуюлтирилади.

Бўтананинг зичлиги катта бўлганда унинг пуфакчалар билан тўйиниш даражаси пасаяди, йирик минерал заррачаларнинг флотацияланиши ёмонлашади, бойитманинг сифати пасаяди. Юқори сифатли бойитма олиниши талаб қилинганда флотация суяқроқ бўтанада олиб борилади.

Кароратнинг ортиши кўп қолларда флотация жараёнига ижобий таъсир этади. Бунда бир қатор реагентлар (айниқса, ёғ кислоталари ва совунлар)нинг эрувчанлиги ортиб, уларнинг сарфи камаяди. Шу билан бир вақтда тўпловчи сифатида ксантогенатлар ишлатилганда бундай қол қузатилмайди ва бунда бўтанани фақат қиш кунларидагина иситиш мақсадга мувофиқ.

Флотацияда реагентлар таркиби ишлатилаётган реагентларнинг тури, уларнинг сарфи, жараёнга берилиш тартиби реагентларнинг бўтана билан таъсирлашув вақти билан белгиланади. Реагент тартиби, берилган руданинг флотацион қобилятини, минерал заррачаларни йириклиги, сувнинг таркиби ва ҳ.к.ларни ўрганиш борасида олиб борилган тажрибалар асосида танланади.

Одатда реагентлар қуйидаги кетма-кетликда қўшилади: муҳитнинг регуляторлари, сўндирувчилар, фаоллаштирувчилар, тўпловчи ва кўпик ҳосил қилувчилар.

Муҳит регуляторлари тегирмонга ёки чанларга берилади. Тўпловчилар эса контакт чанлар ёки тўғридан-тўғри флотомашиналарга берилади. Тўпловчи одатда бира-тўла эмас, балки оз-оздан қўшилади. Кўпик ҳосил қилувчилар флотацион камерага берилади.

Сувнинг таркиби ҳам флотация жараёнига таъсир қилади, чунки сув ўзининг таркибида ҳар хил ионлар, эриган газлар ва бошқа қўшимчаларни сақлайдики, улар муҳитнинг рН ини ўзгартириб, кўпик ҳосил бўлишини ёмонлаштиради ва реагентлар сарфини оширади. Бўтанадаги ионлар керак бўлмаган ҳолда минералларга активлигини оширувчи ёки сўндирувчи сифатида таъсир қилиши мумкин.

Флотация вақти флотацияланувчи компонентнинг бойитмага ажралиш даражаси ва бойитманинг сифатини белгилайди. Олиб борилган тажрибалар шуни кўрсатадики, флотация вақтининг маълум бир чегараси (оптимум) бўлиб, флотация вақтининг оптимумдан ошиши иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ эмас, чунки қимматбаҳо компонентнинг бойитмага ажралишининг сезиларсиз даражада ортиши флотация вақтининг анча узайиши, бойитма сифатининг ёмонлашиши ва флотацион машина ишлаб чиқариш унумдорлигининг камайиши ҳисобига содир бўлади.

Бўтананинг аэрацияланиш даражаси флотация вақти ва бойитишнинг технологик кўрсаткичларига таъсир қилади. Бўтананинг аэрацияланиш даражаси ортиши билан флотация вақти камаяди. Бироқ, бўтанани ҳаво билан қаддан ташқари тўйинтириш уларнинг қўшилишини кўпайтиради. Нисбатан йирик пуфакчалар катта тезликда қалқиб чиқиб, улардан минерал заррачаларнинг ажралиш эҳтимолини оширади. Бўтанада минерал заррачаларни кўтариш учун нисбатан йирик пуфакчалар ($d = 1\text{mm}$) нинг ва минерал заррача юзасини фаоллаштирувчи майда пуфакчалар ҳам бўлиши керак.

Флотациянинг самарали кетишига флотацион машинанинг ишлаш шароити ҳам таъсир қилади. Машинага тушаётган бўтананинг қажми ва ундаги қаттиқ заррачаларнинг масса улуши (зичлиги) доимий бўлиши керак.

Флотацион машинани қаддан ташқари юклаш метални бойитмага ажралишини камайтиради, чунки флотация вақти камаяди. Машинага етарли миқдорда маҳсулот солинмаса, бунинг аксича, флотация вақти ортади ва кўпикли маҳсулотга пуч тоғ жинслари ўтиб кетиб, бойитма сифати ёмонлашади.

4. ФЛОТАЦИЯ СХЕМАЛАРИ

Фойдали қазилмаларни флотациялаш жараёнида турли - туман технологик схемалар қўлланилади. Флотацион схемани танлаш бойитилаётган маҳсулотнинг флотацион хоссасига, бойитманинг сифатига қўйилаётган талабга ва бир қатор техник-иқтисодий омилларга боғлиқ.

Кўп қолларда битта флотация операцияси натижасида охирги бойитма ва ташлаб юбориладиган чиқинди олишга эришилмайди. Шунинг учун, флотация схемалари бир нечта флотация операцияларидан ташкил топади: асосий флотация, тозалаш флотацияси ва назорат флотацияси.

Асосий флотация – флотацион бойитишнинг биринчи операцияси ҳисобланиб, қимматбаҳо компонентни пуч тоғ жинсларидан ажратиш мақсадида ўтказилади. Натижада хомаки бойитма ва чиқинди олинади.

Тозалаш флотацияси – ўзидан олдинги операцияларда олинган хомаки бойитманинг сифатини яхшилаш мақсадида ўтказиладиган флотация операцияси.

Нazorат флотацияси – асосий флотация натижасида олинган чиқинди таркибидаги қимматбаҳо компонентни яна бир бор ажратиб олиш мақсадида ўтказиладиган операция.

Флотацион схемалар – флотация босқичи ва циклларининг сони билан бир-биридан фарқ қилади.

Флотация босқичи деб, маҳсулотни маълум йирикликкача янчиб, кейин флотациялаш операциясини ўз ичига олган технологик схеманинг бир қисмига айтилади.

Фойдали минералнинг хоссаси ва ундаги минерал заррачаларнинг ўлчамига қараб бир ёки кўп босқичли флотацион схемалар ишлатилади.

Флотация цикли деб, қайтадан флотацияланмайдиган бир ёки бир нечта тайёр маҳсулотлар олинadиган флотация операцияларининг гуруҳига айтилади.

Қимматбаҳо компонентларнинг ажралиш кетма-кетлигига қараб, полиметал рудаларни бойитишда коллектив, селектив ва коллектив-селектив флотация схемалари мавжуд бўлади.

Агар охирги бойитмага бира-тўла бир нечта минерал (масалан, мис ва никель сульфидлари, мис-молибден, қўрғошин-руқ) ажралса, бундай флотация коллектив флотация дейилади.

Агар рудадан қимматбаҳо компонентлар кетма-кет ажратиб олинса, бундай флотация селектив флотация дейилади.

Коллектив-селектив флотацияда ҳамма қимматбаҳо компонентлар аввал коллектив бойитмага ажралади, кейин эса ундан алоҳида минераллар флотацияланади.

Бир босқичли флотация схемалари буйича шеелитли, флюоритли, баритли, сподуменли рудалар бойитилади. Бу рудаларни бойитиш схемаларида тозалаш ва назорат флотацияларининг сони турлича булади.

Бундай Рудаларни аввал дағал янчиб фойдали минералларнинг бир қисмини янчиш жараёнига ўсимталардан ажраган нисбатан йирик заррачалар шаклида тайёр концентратга ажратишга имкон туғилади.

I флотация I босқичнинг чиқиндиси қайтаданб янчилиб флотациянинг II босқичига жўнатилади. Бироқ қайта янчишга флотациянинг I босқичида ажралган фойдали минераллар тушмайди, чунки улар ўта янчилиб майин шламларни ҳосил қилиши, флотацияни қийинлаштириши ва бойитишнинг технологик кўрсаткичларини пасайтириши мумкин эди.

I босқичда тайёр концентрат олиниб, II босқичда чиқиндиларни қайта янчувчи II босқичли схемалар бўйича мис-никелли ва мис-пиритли рудаларни қайта ишловчи фабрикалар ишлайди.

Кўпинча молибденли Рудаларни бойитишда фойдали минералнинг чиқинди таркибида энг кам миқдорда йўқолишига нисбатан дағал янчишда эришилади. Бу ҳолат фойдали минераллар бошқа минерал агрегатига бириккани ва дағал янчишда қўшимча жинсларнинг асосий қисмидан осон ажралиши билан тушунтирилади.

Бундай ҳолларда I босқичда ташлаб юбориладиган чиқинди ва хомаки концентратни сифатини ошириш мақсадида қайтадан янчиб, флотацияланадиган II босқичли флотация схемасини қўллаш рационал ҳисобланади.

Бир қатор ҳолларда дағал янчиб, тайёр концентрат ташлаб юбориладиган чиқинди ва фойдали минерал билан қўшилиб қолган ўсимталарни сақловчи оралик маҳсулот олиш мумкин.

I босқичда тайёр концентрат ташлаб, концентрат, ташлаб юбориладиган чиқинди, орпик маҳсулотни қайта янчиб флотациялайдиган II босқичли флотация системалари бази мисли рудаларни бойитишда ишлатилади.

Селектив флотация схемалари пуч тоғ жинсларининг миқдори кам (<20-25%) сульфидли полиметалл рудаларини бойитишда қўлланади. Бундай схемалар пуч тоғ жинсларининг миқдори катта бўлган, ишлаб чиқариш қуввати кичик фабрикаларда жараённинг бошида барча сульфидларни коллектив флотациялаш сезиларли иқтисодий технологик Самара бермаганда қўллаш мумкин.

Селектив флотация схемасининг камчилиги - рудани майин туюш зарурлиги, бу пуч тоғ жинсларининг миқдори кўп бўлмаганда буни қайта ишлашни қимматлаштиради.

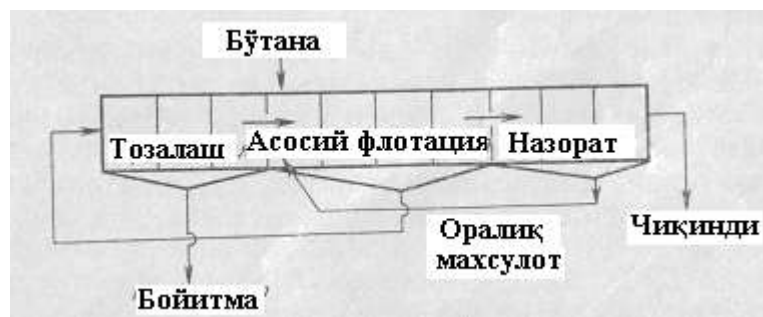
Бу камчилик коллектив - серриктив флотацияси схемаси қўлланганда йўқотилади. Бундай схемаларни айниқса руда дағал янчилганда ташлаб юбориладиган чиқинди олиш мумкин бўлган ҳолларда қўллаш афзал.

Коллектив-селектив схема буйича бойитилганда руданинг бутун массаси 45-50% - 0,074мм ли синфгача дағал янчилади. Майин туйишга эса факат чиқиши дастлабки рудага нисбатан 10-30% булган коллектив концентрат тушади. Селлектив флотация схемаси буйича руданинг бутун массаси 75-80% -0,074мм ли синфгача янчилади.

Коллектив-селектив флотация схемаси буйича бойитилганда кам сонли тегирмонлар ва флотация машиналари талаб килинади, реогентлар сарфи камаяди.

Купчилик ҳолларда флотация схемалари етарли даражада етарли булиб узида флотациянинг бир қатор тозалаш ва назорат флотацияси операцияларини ҳамда оралик маҳсулотни қайта бойитишнинг турли вариантларини уз ичига олади. Оралик маҳсулотлар жараёнинг турли нукталарига қайтарилиши ёки алоҳида қайта ишланиши мумкин. Шунинг учун флотациянинг оптимал шароитини таъминлаш учун флотация операцияларини флотация машиналари бўйлаб рационал таксимлаш муҳим рол уйнайди.

Флотациянинг турли операцияларини битта флотация машинасида жойлаштириш схемаси 8-расмда келтирилган булиб, у асосий, битта концентратни тозалаш операциясини ва бита назорат флотацияси операциясини уз ичига олади.

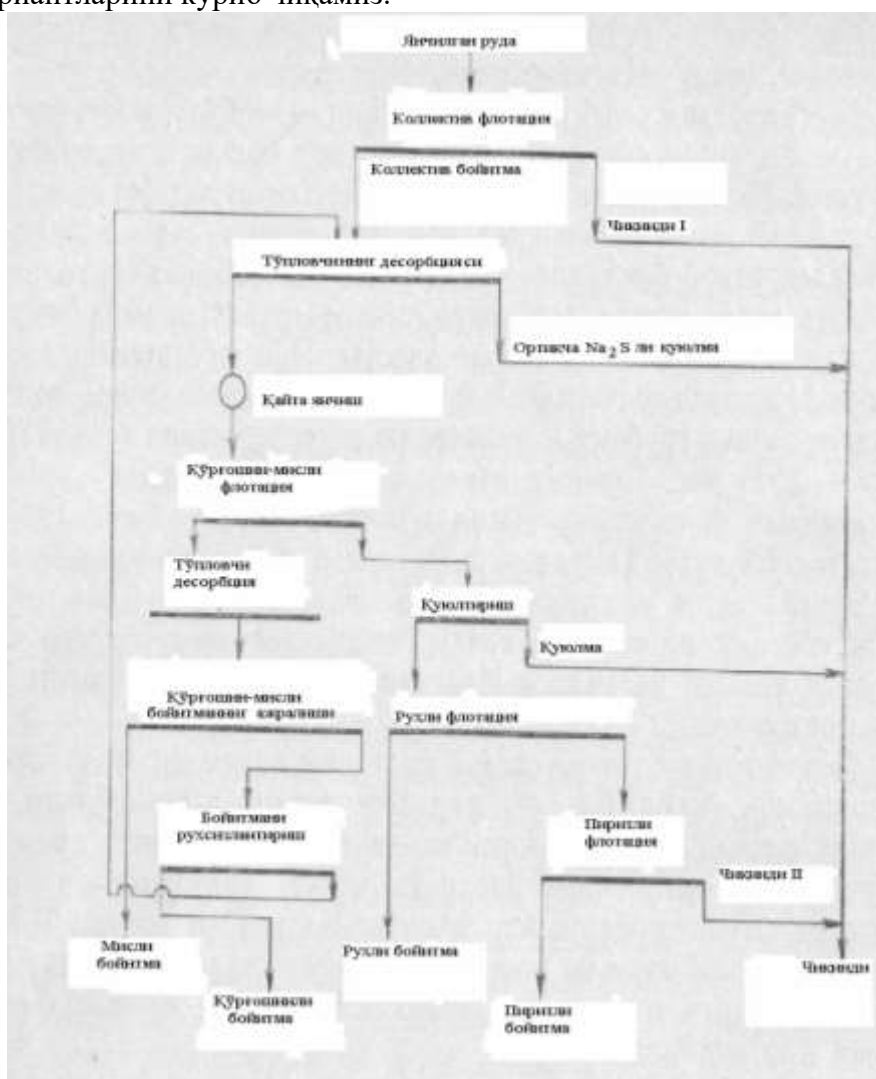


8-расм. Флотация машинасида флотация операцияларининг тақсимланиши.

Машинанинг тўртта камерасида асосий флотация амалга оширилади. Асосий флотациянинг кўпikli махсулоти тозалашнинг бош камерасига (жағли учта камера) тушади. Унинг концентрати охирги мухсулот ҳисобланади, чиқинди эса охирги камера остонасидан қуйилиб асосий флотация операциясига тушади.

Асосий флотация чиқиндиси назорат флотациянинг бош камерасига (жағли учта камера) йўналтирилади ва унда ташлаб юбориладиган чиқинди ва асосий флотацияга қайтариладиган оралик махсулот олинади.

Мисол тариқасида кўрғошин-мис-рух-пиритли полиметалл рудани бойитиш схемаларининг вариантларини кўриб чиқамиз.



9-расм. Полиметал рудалар флотациясининг технологик схемаси.

Флотациянинг I босқичи 45% -0,074 мм гача янчилган махсулот келиб тушади. Коллектив флотация цикли асосий ва назорат флотациясини ҳамда иккита концентратни тозалаш операцияларини ўз ичига олади (9-расм).

Реагент тартиби: кучсиз ишқорий мухит ҳосил қилиш учун сода (0,5-0,6кг/т); танловчи ксантогенат (0,1-0,2кг/т); кўпик ҳосил қилувчи крезол ва қароғоч ёғи (0.06-0,005 кг/т).

Коллектив сульфидли концентрат тўпловчи натрий сульфид билан юборилади. Бунинг учун бойитма натрий сульфиднинг 4-4,5 кг/т бойитма сарфида ҳаво кирмайдиган контакт аралаштирилади. Бундан кейин реагентларни сақловчи суюқ фаза иккита механик классификаторларда кетма-кет қаттиқ фазадан ажратилади. Биринчи классификатор куми сув билан суюлтирилади ва иккинчи классификаторга тушади.

Классификатор қуюлмаси қуюлтирилади, қуюлтиргич қуюлмаси чиқиндилар майдонида жўнатилади.

Тўпловчининг десорбциясидан кейин коллектив концентрат 95% -0,074 мм гача қайтадан янчилади ва кўрғошин мисни флотация циклига тушади. Кўрғошин мисни флотация цикли асосий, назорат ва ўрта тозалаш операцияларини ўз ичига олади.

Кўрғошин-мисли флотация учун қуйидаги реагентлар ишлатилади: цианид (0,2кг/т) ва рух купороси (2кг/т); сфалерит ва пиритни сўндириш учун; тўпловчи - ксантогенат (0,03-0.04кг/т) ва кўпик ҳосил қилувчи-крезол (0,04-0,05 кг/т). Барча цикллар учун реагентлар сарфи 1 тонна коллектив бойитма учун кўрсатилган.

Бу циклда кўрғошин-мисли бойитма, камерадаги махсулот сифатида рух- пиритли махсулот олинади.

Кўрғошин-мисли бойитма реагентлардан натрий сульфиди (сарфи 1,5 кг/т) ва активлашган кўмир (сарфи 1.5 кг/т) билан десорбциялашгандан кейин худди кўрғошин-мисни флотацияси циклидаги каби схема бўйича ажратишга жўнатилади.

Реагент тартиби: нордон мухит ҳосил қилиш учун сульфат кислота (3кг/т); темир купороси (1,5 кг/т) ва натрий сульфиди (1,5 кг/т) галенитни сўндириш учун; тўпловчи-ксантогенат (0,025 кг/т); кўпик ҳосил қилувчи-крезол (0,04-0,05 кг/т). Реагентлар сарфи бир тонна кўрғошин-мисли концентрат учун кўрсатилган.

Бу циклда мисли бойитма олинади. Камерадаги кўрғошинли бойитма рухсизлантиришга тушади. Рухсизлантириш асосий флотация операцияси ва кўпикли рух-пиритли махсулотни тозалаш операцияларини ўз ичига олади. Рухсизлантиришда қуйидаги реагентлар ишлатилади: ишқорий мухит ҳосил қилиш учун охак (6-7 кг/т); мис купороси (0,5 кг/т) сфалерит ва пиритни фаоллаштириш учун; тўпловчи- ксантогенат -0,03 кг/т. Реагентлар сарфи рухсизлантиришга тушаётган 1 тонна кўрғошинли махсулот учун берилган.

Рухсизлантиришдан сўнг камерадаги махсулот сифатида кўрғошинли бойитма, кўпикли махсулот сифатида рух-пиритли оралиқ махсулот ҳосил бўлиб, у асосий флотациянинг коллектив бойитмасига қўшилади.

Кўрғошин-мисли флотация циклининг камерадаги махсулоти қуюлтирилгандан кейин рухли флотация циклига тушади. Реагент тартиби: охак (0.5-0.8 кг/т) пиритни сўндириш учун; мис купороси (0,45-0,55 кг/т) сфалеритни фаоллаш учун; тўпловчи-ксантогенат (0.8-1.0 кг/т); кўпик ҳосил қилувчи-крезол (0,04-0,05 кг/т). Реагентлар сарфи 1 тонна рухли концентрат учун берилган.

Уч марта тозалашдан сўнг охириги рухли бойитма олинади. Рух циклининг камерадаги махсулоти назорат флотациясидан кейин пиритли циклга жўнатилади.

Реагент тартиби: сода (0,8-1 кг/т) охакнинг сўндирувчи таъсирини нейтраллаш учун; тўпловчи-ксантогенат (70-80 г/т); кўпик ҳосил қилувчи-крезол (40-50 г/т). Реагентлар сарфи 1 тонна пиритли бойитма учун берилган.

Пиритли циклда коллектив бойитмани қайта янчишда ҳосил бўлган пуч тоғ жинслари зарраларидан иборат чиқинди ажралиб чиқади.

Бундай схема бўйича таркибида 1-1,5 % кўрғошин, 0,2-0,3 % мисс, 2,5-3 % рух сақловчи полиметалл руда бойитилганда 50-51 % кўрғошин сақловчи кўрғошинли бойитма, 14-15 % мис

сақловчи мисли бойитма, 54-55 % рух сақловчи рухли бойитма, 42-45 % олтингугурт сақловчи пиритли бойитма олинади. Ташлаб юбориладиган чиқиндининг таркибида 0,1-0,12 % қўрғошин, 0,02 % мис, 0,2 % рух бўлади.

ХУЛОСА

Тайёргарлик ишлари-майдалаш, элаш ва таснифлаш. Яъни минералларни бир биридан ажратиш учун қулай ўлчамга эга бўлган заррачаларга айлантириш.

Бойитиш жараёни-минералларни бир-биридан ажратиш. Натижада фойдали минералларга бой бўлган махсулот-бойитма ва фойдасиз жинслар тўпланган махсулот-чиқинди олинади. Баъзида оралиқ махсулот ҳам олиниб, уни қайта бойитиш жараёнига юбоилади.

Ёрдамчи жараёнлар-бойитиш натижасида олинган махсулотларни қуриштириш (сувсизлантириш), чиқинди сувларини тозалаш ва ҳавони чанглардан фориғ этиш ишлари киради.

Фойдали қазилмаларни бойитиш усуллари хилма-хил. Шулардан: оддий саралаш-заррачаларнинг ташқи кўринишига, гравитация усули - заррачаларнинг зичлигидаги фарққа, флотация - заррачалар юзаларининг кимёвий хусусиятига, магнитли саралаш-заррачаларнинг магнит майдонида таъсирланишига, электр саралаш-заррачаларнинг электр майдонида таъсирланишига, радиометрик саралаш- заррачаларнинг радиоактивлигидаги фарққа асосланган.

Бойитиш технологиясини қабул қилишда руда таркибидаги ажратилиши керак бўлган минералларнинг қайси бир хоссалари бир-биридан катта фарқ қилса, шу хоссага асосланган бойитиш усули қабул қилинади.

Юқорида кўриб ўтилган бойитиш усуллариининг орасида энг кўп қўлланиладигани флотация усулидир. Қазиб олинган фойдали қазилмаларнинг 90% дан ортиғи флотация усулида бойитилади.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений: Учебник для вузов. - Л., Химия. 1989.-352 с. Фойдаланиладиган адабиётлар
2. Глембоцкий В.В. «Флотационные методы обогащения» М: Недра, 1981 304 с.
3. Егоров В.П. «Обогащение полезных ископаемых» М.Недра, 1986, с. 158.
4. Умарова И.К. «Фойдали қазилмаларни бойитиш технологияси». Ўқув қўлланма Тошкент, ТошДТУ 2004.
5. Умарова И.К. «Фойдали қазилмаларни қайта ишлаш ва бойитиш». Ўқув қўлланма Тошкент, ТошДТУ 2002.
6. Абдурахмонов С. «Гидрометаллургия жараёнлари ва дастгохлари». Навоий, НДКИ, 2001, 288 б.
7. Абдурахмонов С, Курбонов Ш.Қ., Холикулов Д.Б. «Минералларни саралаш жараёнлари назарияси» Навоий-Олмалиқ-2006, 200 б.

8. М.Е.Позин. Технология минеральных удобрений. Учебник для вузов, -6-ое изд., перераб.-Л.: Химия, 1989,- 352с.

9. М.Е.Позин, Р.Ю.Зинюк. Физико-химические основы неорганической технологии. Гл.5 Л.: Химия, 1985. 384с.

10. Соколовский А.А., Яхонтова Е.Л. Применение равновесных диаграмм растворимости в технологии минеральных солей. М.: Химия, 1982. 264с.