

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТІРЛІГІ**

Қ.Т. Көшербаев

КЕН БАЙЫТУ НЕГІЗДЕРІ

оқулық

*Қазақстан Республикасы Білім және
Ғылым Министрлігі оқу құралы ретінде бекіткен*

Алматы 2011 ж

УДК 553.2(075.8)
ББК 33.11 я 73
К 69

Пікір жазғандар:

Х. К. Оспанов – химия ғылымдарының докторы, профессор;
А. А. Ниязов – техника ғылымдарының кандидаты;
С. С. Еденбаев – техника ғылымдарының кандидаты, профессор;
М.Т. Баймаханов – техника ғылымының докторы.

Қ. Т. Көшербаев.

К 69 Кен байыту негіздері: Оқулық. Алматы: ЖШС РПБК «Дәуір», 2011.-
239 бет.

ISBN 978-601-217-227-0

Ұсынылып отырған оқулықта кен және минералдар туралы түсініктер, пайдалы қазбаларды байытудың қажеттілігі, байыту фабрикаларында кендерді өңдеуде қолданылатын негізгі процестер, оларда қолданылатын аппараттар мен жабдықтар, қосымша процестер келтірілген.

Оқулық жоғары оқу орындарының техникалық мамандықтарының білімгерлеріне арналған. Сондай-ақ, таукен және металлургиялық саласында істейтін инженерлер мен техникалық қызметкерлерге де пайдалы.

ISBN 978-601-217-227-0

УДК 553.2(075.8)
ББК 33.11 я 73

© Қ.Т. Көшербаев, 2011
© ҚР Жоғары оқу орындарының
қауымдастығы, 2011 ж.

АЛҒЫ СӨЗ

Халық шаруашылығының барлық салаларында жер қойнауынан алынатын минералды шикізаттардың маңызы өте зор. Олардан металдар, химиялық заттар, отын түрлері және құрылыс материалдары алынады. Оларды өндіру үшін бастапқы шикізат көптеген өңдеу процестерінен өтеді. Көпшілік минералды шикізаттар құрамы күрделі келеді. Сондықтан олардың құрамындағы пайдалы заттарды тиімді пайдалану үшін бір-бірінен ажыратып бөлу қажет. Көпшілік жағдайда, әсіресе түсті және сирек кездесетін металдар кендерінде пайдалы зат мөлшері өте төмен болады. Мысалы, қорғасын кендерінде оның проценттік үлесі орташа 0,5–2 % мөлшерінде кездеседі. Мұндай кендерден металдарды тікелей металлургиялық әдістермен өндеп бөліп алу өте тиімсіз, не мүмкін емес.

Металды кендер көбінесе күрделі құрамды түрде, демек комплексті түрде кездеседі. Олардың құрамынан жеке металдарды тек металлургиялық өңдеумен бөліп алу өте қиын. Сондықтан, кен алдын ала байыту процестерімен өңделу нәтижесінде пайдалы заттар – минералдар түрінде жеке өнімдерге (концентраттарға) бөлінеді.

Кендерді байытудың технологияларын жетілдіру негізінде өте кедей кендерден жоғары сапалы концентраттар алу және күрделі құрамды кендерден жеке металдар концентраттарын алу мүмкіншілігі туды.

Қазіргі кезде барлық дерлік пайдалы қазбалар байыту процестерінен өткізіледі. Тек темір, марганец және фосфор кендерін тікелей металлургиялық не химиялық әдістермен өңдеуге болады.

Байыту техникасының дамуы, үлестік мөлшері өте төмен сирек кездесетін металдар кендерінің қорын молайтып, іске қосуға себеп болады.

Байыту фабрикалары жоғары өнімді өндірістің үлкен саласына айналды. Оларда жүргізілетін процестер жоғары дәрежеде механикаландырылған және ғылыми-техниканың жетістіктерін барынша толық пайдалануды талап ететін күрделі процестер.

Байыту процестерін жетілдіруде біздің еліміздің оқымыстылары мен инженерлері айта қаларлықтай табыстарға жетті. Еліміздің жоғары оқу орындарында және техникумдарында көптеген мамандар дайындалды. Бұл салада жұмыс істейтін ірі ғылыми-зерттеу және жобалау институттары бар.

Кендердің жаңа түрлерінің табылуы, олардың құрамдарының өзгеріп отыруы және әлі де болса оларды комплексті пайдалану дәрежесі талапқа сай болмауы алда ғылыми және практикалық көптеген мәселелердің шешілуін қажет етеді.

Оқулықтың бірінші басылымы 1998 ж. шыққан. Бұл екінші басылымда оқулықта біраз өзгерістер енгізілген, әсіресе кенді байытуға дайындау бөліміне кейінгі кездерде жасалған аппараттар, олардың даму бағыттары келтірілген.

Оқулықты баспаға дайындауға көмектескен Н.Т.Акказинаға автор алғысын білдіреді.

1 Кен және минералдар туралы түсініктер

Адамзатқа қажетті металдар және бағалы заттар кен немесе пайдалы қазбалардан алынады. Олардың құрамына бір немесе бірнеше бағалы минералдар және көптеген тау жыныс минералдары кіреді. Пайдалы қазбалар жер қойнынан қатты (кен, көмір, торф), сұйық (мұнай) және газ (табиғи газдар) түрінде алынады.

Минералдар деп бір элементтен не бірнеше элементтерден тұратын химиялық қосылыстар аталады. Бір элементтен ғана тұратын минералдарға мысалы, алтын, күміс, платина, басқа асыл металдар, күкірт, алмаз, графит жатады. Минералдардың көпшілігі құрамына екі не одан көп элементтер кіретін анорганикалық химиялық қосылыстар. Жер қойнауынан табылған минералдар саны қазір үш мыңнан асты. Оларды химиялық құрамына қарай үлкен екі топқа бөлуге болады: күкіртті және тотықты минералдар.

Күкіртті минералдарға мысалы, галенит (PbS), сфалерит (ZnS), пирит (FeS_2), халькопирит ($CuFeS_2$), халькозин (Cu_2S), молибденит (MoS_2), киноварь (HgS) және тағы басқалары жатады. Тотықты минералдар бірнеше топқа бөлінеді: қарапайым тотықтар, силикаттар, алюмосиликаттар, карбонаттар, фосфаттар, сульфаттар және басқалары.

Қарапайым тотықтарға куприт (CuO), касситерит (SnO_2), кварц (SiO_2), рутил (TiO_2), ильменит ($FeTiO_3$) және басқалары жатады.

Карбонаттар құрамына көмір қышқылы кіретін церуссит ($PbCO_3$), малахит ($CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$), азурит ($Cu(CO)_2(OH)_2$), смитсонит ($ZnCO_3$), сидерит ($FeCO_3$), кальцит ($CaCO_3$) және басқалары жатады. Элементтердің күкірт қышқылымен әрекеттесуінен сульфаттар пайда болады. Мысалы барит ($BaSO_4$), англезит ($PbSO_4$), ангидрит ($CaSO_4$) және т.б.

Силикатты минералдарға жататындардың жер қыртысында ең көп тарағандары дала шпаттары және кварц. Бұлар тау жыныстарының негізін құрайды. Олардың ішінде құрамына бағалы элементтер кіретін хризокolla ($CuSiO_3 \cdot H_2O$), циркон ($ZrSiO_4$) және тағы басқалары кіреді.

Алюмосиликаттарға тау жынысын құрайтын көптеген минерал топтары, олармен қатар бағалы минералдар сподумен ($LiAl(SiO_3)_2$) және берилл $3BeO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_3$ жатады. Егер табиғи минералды заттардан техниканың қазіргі даму сатысында бағалы заттарды бөліп алып, халық шаруашылығында өнімді пайдалануға болса, онда оларды *пайдалы қазбалар* деп атаймыз.

Кен деп оның құрамынан бір не бірнеше бағалы элементтерді тиімді түрде бөліп алуға жарайтын пайдалы қазбаларды атаймыз. Демек, кен көптеген минералдардан тұрады. Олардың кейбірінің құрамында бағалы элементтер болса, көпшілігі тау жынысына жатады. Кендер құрамдарына және қасиеттеріне қарай көптеген топтарға бөлінеді. Мысалы, құрамында қандай металдар болуына байланысты *түсті, қара, асыл, радиоактивті, сирек кездесетін* металдар кендері болып бөлінеді. Бағалы заттардың қандай минералдар түрінде кездесуіне байланысты кендер *күкіртті, тотықты және аралас кендер* деп аталады. Құрамындағы металдардың санына байланысты

бір металды не көп металды болып бөлінеді. Әдетте, кендердің көпшілігі көп металды болып кездеседі. Металл мөлшерінің аз не көп болуына байланысты кендер *бай, кедей және өте кедей* болып бөлінеді. Бірақ оларды былай бөлу тек шартты ұғым. Мысалы, молибден кенінде оның мөлшері 0,1-0,2 % болса ол бай кенге жатады, ал мырыш не қорғасын кендерінде олардың мөлшері жоғарыдағыдай болса олар өте кедей деп есептелінеді.

Кендердің барлық түрінің құрамына кіретін пайдалы минералдардың түйіршіктерінің ірілігіне қарай бірнеше түрге бөлінеді. Егер түйіршіктер ірілігі 20 миллиметрден кем болмаса өте ірі сеппелі, 2–20 мм болса-ірі сеппелі, 0,2–2 мм болса-ұсақ сеппелі, 0,2–0,02 мм болса майда сеппелі, ал 0,02 мм кем болса өте майда сеппелі кенге жатады. Мұндай кендерде металл (минерал) мөлшері әдетте аз болады. Мысалы, 10–20 %-тен аспайды. Бұлармен қатар кей кендердің негізі пайдалы минералдардан тұрады да, тау жыныстары аз кездеседі. Бұлар тұтас кендер деп аталады.

Кендердің сеппелі не тұтас түрде болуы оларды байытуда өте маңызды роль атқарады.

Құрамындағы бағалы заттардың қасиеттеріне қарай кендер *металды және металсыз кендерге* бөлінеді. Металды кендердің құрамына металды қасиеті бар элементтер кірсе, металсыз кендердің құрамына металдық қасиеті жоқ элементтер кіреді, мысалы, фосфор, күкірт, графит, алмаз, фтор және т.б. Кен орындары жаратылысына қарай *түпкі және шашыранды* түрге бөлінеді. Түпкі кен орындары алғашқы жаратылған орында, бұзылмаған қалыпта, жер қойнауында қоршаған тау жыныстарымен бір тұтас біріккен түрінде және белгілі бір тереңдікте орналасады. Шашыранды кен орындарының жер бетіне шыға орналасу салдарынан бұзылып, ұсақталуынан пайда болады. Бұл кендерде минералдар көптеген физикалық және химиялық өзгерістерге түсіп, қасиеттері көп өзгереді. Сонымен қатар минералдар (құнды және тау жыныс минералдары) бір-бірінен ажырасқан түрде болады. Осыған байланысты шашыранды кендерді өңдегенде оларды алдын ала ұсақтаудың қажеті жоқ.

2 Кен байыту процестері

2.1 Кен байытудың қажеті

Қазіргі кезде жер қойнынан алынатын барлық кен түрлерінен халық шаруашылығының белгілі бір салаларында қолдануға болатын бағалы зат алу үшін кендер алдын ала байытылады. Оның қажетін түсіну үшін қысқаша кеннен таза металдың қалай алынатынын қарастырайық. Кенде барлық дерлік металдар минералдар түрінде кездеседі. Кен құрамынан метал бөлу үшін металлургиялық процестермен өңделеді. Олар минералды балқыту (жылу энергиясымен), не еріту (химиялық энергиямен) арқылы минерал құрамына кіретін элементтерді бір-бірінен ажыратуға негізделген. Қазіргі кезде халық шаруашылығында пайдаланылатын кендерде, әсіресе, түсті және сирек кездесетін кендерінде, металл мөлшері өте аз. Әдетте 4-6 %-дан аспайды. Мысалы, қорғасын кенін алайық. Қазір орта есеппен кенде оның

мөлшері 1%. Ол көбінде галенит (PbS) түрінде кездеседі. Сонда кенде галенит мөлшері 1,2%. Демек, кеннің 98 %-ы тау жыныс минералдарынан тұрады. Осындай кеннен қорғасын алу үшін тікелей металлургиялық процеспен өңделсе пайдаланылатын энергия тек галенитті балқытуға ғана емес, сонымен бірге кендегі бүкіл тау жыныстарын балқытуға да шығындалады. Онымен бірге түскен кеннің көлеміне сай металлургиялық пеш және басқа аспаптар қажет. Кенді бұлай өңдеу өте тиімсіз. Шығарылатын шығынның көбі керексіз тау жыныстарын қорытуға жұмсалар еді. Кенді тікелей металлургиялық не химиялық жолмен өңдеу тек оның құрамындағы бағалы заттың мөлшері өте жоғары болғанда ғана мүмкін. Қазіргі кезде осылай тек жоғары сортты темір кендерінің кейбір түрлері (60-70 % темір болса) ғана өңделеді. Осы келтірілген жайларға байланысты 19 ғасырдың екінші жартысында кен байыту процестері дами бастады. Демек, оған дейінгі металдар тек бай кендерді тікелей металлургиялық әдістермен өңдеу арқылы алынып келген. Кендерді байыту әдістерімен өндегенде бағалы минералдар тау жыныс материалдарынан бөлініп алынады. Егер бір металды кен байытылса одан екі өнім алынады. Біріншінің негізі бағалы минералдардан тұрады. Оны *концентрат* деп атайды. Екінші өнімнің негізгі құрамы тау жыныс минералдарынан тұрады. Оны *қалдық* деп атайды. Концентратта металдың проценттік үлесі кендегі үлеспен салыстырғанда ондаған не жүздеген есе артады. Егер кенде бірнеше бағалы минералдар болса, байыту процесінде оларды тек тау жыныс минералдарынан ғана емес, сонымен бірге, өзара бір бірінен бөлініп алынады. Демек, кеннен бірнеше концентраттар алынады. Концентраттар құрамындағы басты металл атымен аталады. Концентраттардың құрамы белгілі бір талаптарға сай келуі керек. Соған байланысты әр металдың концентраты бірнеше сорт түрінде алынады. Себебі кендердің қасиетіне байланысты, олардың барлығына тек бір ғана сортты концентрат алынуы мүмкін емес. Мысалы, ГОСТ бойынша қорғасын концентраты 8 сортқа бөлінеді. Ең жоғарғы сортында (КС7) қорғасынның үлесі 73 %-дан кем емес, ал онда мырыштың үлесі 2 %-дан, мыстың үлесі – 1,5 %-дан аспауы керек. Сол сияқты молибден 45-50 %-дай болуы керек. Міне, байыту арқылы алынған концентраттарда металл үлесі ондаған не жүздеген есе артады. Соның нәтижесінде, оларды металлургиялық қорытқанда шығарылатын шығын көлемі өте азаяды. Екіншіден, егер байыту процестері қолданылмағанда жер қойнынан тек бай ғана кендерді ғана тауып пайдалануға болар еді. Ал ондай кен көздері қазір өте сирек кездеседі. Демек, өндірістік кен қоры өте аз болған болар еді. Үшіншіден, кен орнынан тек металға бай бірақ көлемі аз учаскіден кен қазып алу үшін ірі қуатты машиналарды қолдану мүмкіндігі болмай, тек қол еңбегі ғана жұмсалар еді. Оның өзі кен қазып алу өнімділігін өте төмендетеді. Төртіншіден, егер кенде бірнеше металл болса, ол кен байытылмай металлургиялық зауытқа түссе, онда негізінде басты металл ғана алынады, ал басқалары іс жүзінде алынбайды. Демек, кен комплексті пайдаланылмайды. Неғұрлым кеннен көп зат және толығырақ бөлінсе оның өзіндік құны төмендейді. Демек, жұмсалған шығын толық қайтарылып қана қоймай, үлкен пайда түсіреді.

Бесіншіден, байытуды қолданудың нәтижелерінде кен шығатын орыннан (шахта, карьер) металлургиялық зауыттарға тек концентраттар ғана тасылады, ал қалдық сол орында (байыту фабрикасы салынған рудниктерде) қалып қояды. Демек, тасымалдау шығыны көп азаяды. Осы келтірілген жайлардан кен байытудың халық шаруашылығын дамытуда үлкен маңыз атқаратынын анық байқауға болады. Сонымен, *байыту* деп кен құрамындағы минералдарды бірінен-бірін бөліп оларды тиімді пайдалануды атаймыз.

2.2 Кен байыту әдістері, процестері және операциялары

Минералдарды бір-бірінен бөлу олардың әр түрлі қасиеттерінің арасындағы айырмашылықтарына негізделген. Минералдардың барлық қасиеттері екі топқа бөлінеді: *физикалық* және *физика-химиялық* қасиеттер. Физикалық қасиеттерге жататындар: тығыздылық, магниттелуі, ток өткізгіштік, түс, жылтырлық, радиоактивтілік, үйкеліс күші және т.б. Физика-химиялық қасиеттер минерал құрамына кіретін әр түрлі элементердің байланыс түріне және кристалды тордың структурасына байланысты өзгеріп отырады. Соның нәтижесінде минерал бетінің сумен әрекеттесуі әртүрлі дәрежеде болады. Минералды бөлуде олардың бетінің сулану қасиеті кең түрде пайдаланылады. Аталған қасиеттерге сай дамыған байыту әдістері мынандай топтарға бөлінеді: *гравитациялық, флотациялық, магнитті, электірлі, қолмен сұрыптау, механикалық сұрыптау және радиоактивті сұрыптау* әдістері. **Гравитациялық байыту әдісі** минералдың тығыздылығының арасындағы айырмашылыққа негізделген. Мысалы, тығыздықтары әртүрлі, бірақ көлемдері бірдей екі минерал түйіршіктерінің суда бату не ауада құлау жылдамдықтары тең болмауы нәтижесінде олардың қозғалыс траекториялары өзгереді де, әртүрлі бағытта жылжып бөлінеді. Гравитациялық әдіс ірі сеппелі кен байытуда жиі қолданылады. Бұл әдіс жабайы түрде көне замандардан бері қолданып келе жатқан әдіс. **Флотация әдісі** минерал түйіршік беттерінің сулануының әртүрлілігіне негізделген. Егер беті нашар суланатын минерал түйіршігі су ішінде ауа көпіршігімен соқтығысса ол оған жабысады да, су бетіне қалқып шығады, ал жақсы суланатын түйіршіктер ауа көпіршігіне жабыспайды да, су ішінде қалып қояды.

Флотация әдісінің басқа әдістермен салыстырғанда ерекшелігі сол, майда сеппелі не өте майда сеппелі кендер тек осы әдіспен байытылады. Мысалы, түсті металдар кендері тек майда сеппелі болып кездеседі. Олай болса бұл кендерді байытуда флотация әдісінің маңызы зор. Бұл әдіспен басқада көптеген кендердің майда сеппелі түрлері байытылады. Минералдардың сулануындағы табиғи айырмашылық оларды толық бөлуге әдетте жетіспейді. Сондықтан айырмашылық дәрежесін арттыру үшін көптеген химиялық заттар қолданылады. Олар *флотореагенттер* деп аталады. **Магнитті байыту әдісі** құрамында магнитті қасиеті бар кендерді байытуға қолданылады. Мұндай кендерге темір, марганец және тағы басқа кейбір кен түрлері жатады. Минерал түйіршіктері (не кесектері) арнаулы

аспапта магнит өрісінен өтеді. Магнитті минерал магнитті полюске тартылады да, ал магнитсіз түйіршіктер қозғалыс бағытын өзгертпейді. Сөйтіп олардың жолы айырылады.

Электрлі байыту әдісі минералдардың ток өткізу қасиеттеріне негізделген. Электр өрісінде ток өткізгіштігіне және бет зарядына қарай минералдар әртүрлі бағытта қозғалып бөлінеді. Минералдардың түрлеріне және жылтырлығына негізделген әдістерді қолмен және механикалық сұрыптау әдістері деп атайды. **Радиометриялық сұрыптау** минералдардың радиоактивті қасиеттерінің ара айырмашылығына негізделген. Үйкеліс күшке негізделген байытуда минералдардың жазық бет үстінде қозғалғанда үйкеліс коэффициенттері айырмашылықтары пайдаланылады. **Химиялық және бактериялды байыту** минералдардың қышқыл ортаға және бактериялар көмегімен еру қасиеттерінің ара айырмашылығына негізделген. Көптеген кен түрлерін байытуда тек бір ғана байыту әдісі емес, екі кейде тіпті үш байыту әдістері қатар қолданылады. Тек сонда ғана кен құрамынан бағалы заттар толығырақ бөлініп алынады. Кейбір байыту әдістерін жүргізгенде әртүрлі аппараттар қолданылады. Оларда байыту әдісінің негізі сақталғанмен минералдардың бөлінуі әртүрлі жағдайда жүргізіледі. Демек, бір байыту әдісі әртүрлі процестер арқылы іске асады. Мысалы, гравитациялық әдіспен байытқанда отсадка әдісі, жинағыш столда байыту, шлюзде байыту, ауыр ортада байыту, винтті бөлгіште байыту процестері қолданылады. Байыту процестерін жүргізгенде бірден дайын концентрат және қалдық алу қиын. Процесс бірінші кезеңінен өткенде кеннен сапасы қойылған талапқа жеткіліксіз концентрат алынады. Оның сапасын қажетті деңгейге жеткізу үшін бірнеше рет тазалау керек. Демек, ақырғы өнімдер (концентрат, қалдық) тек бірнеше *операциялардан* өткенде ғана алынады. Яғни, байыту әдісі әртүрлі процестер арқылы жүргізілуі мүмкін, ал процес бірнеше операциядан тұрады. Мысалы, флотация әдісін қолданғанда кен алдымен негізгі флотация операциясынан өтеді. Одан алынған сапасыз концентрат тазалау операцияларынан өтуі қажет. Кен байытудың қандай болсада әдістерін не процестерін қолданғанда минералдарды бір-бірінен бөліп алу тек алдын ала бір шарт орындалса ғана іске асады: кен құрамындағы минералдар өзара ажыратылған күйде болулары керек. Ол үшін кен кесектері ұсатылады және ұнтақталады. Қандай ұсақтық не ұнтақтыққа жеткізу керек екендігі кен кесегіндегі бағалы минералдардың түйіршіктерінің ірілі-ұсақтық мөлшеріне байланысты. Мысалы, кейде байыту алдында кенді 1-10 миллиметрге дейін ұсақтау жетсе, кейде 0,1-0,2 миллиметрге дейін ұнтақтау керек. Мұндай кендерге ұсақ (майда) сеппелі кендер жатады. Ұсақтау және ұнтақтау процестерін қолданғанда олармен бірге көмекші процестер ретінде елеу және сұрыптау (классификациялау) қолданылады. Осы аты аталған процестер жалпы *дайындау процестері* деп аталады. Дайындау процестерінен кейін басталатын байыту процестері негізінде су ішінде жүргізіледі. Қолданылған су ақырында алынған өнімдермен бірге шығады. Сондықтан суды ол өнімдерден бөліп алу қажет. Ол үшін дренаж, қойылдыру, сүзу және құрғату процестері қолданылады. Олардың барлығы

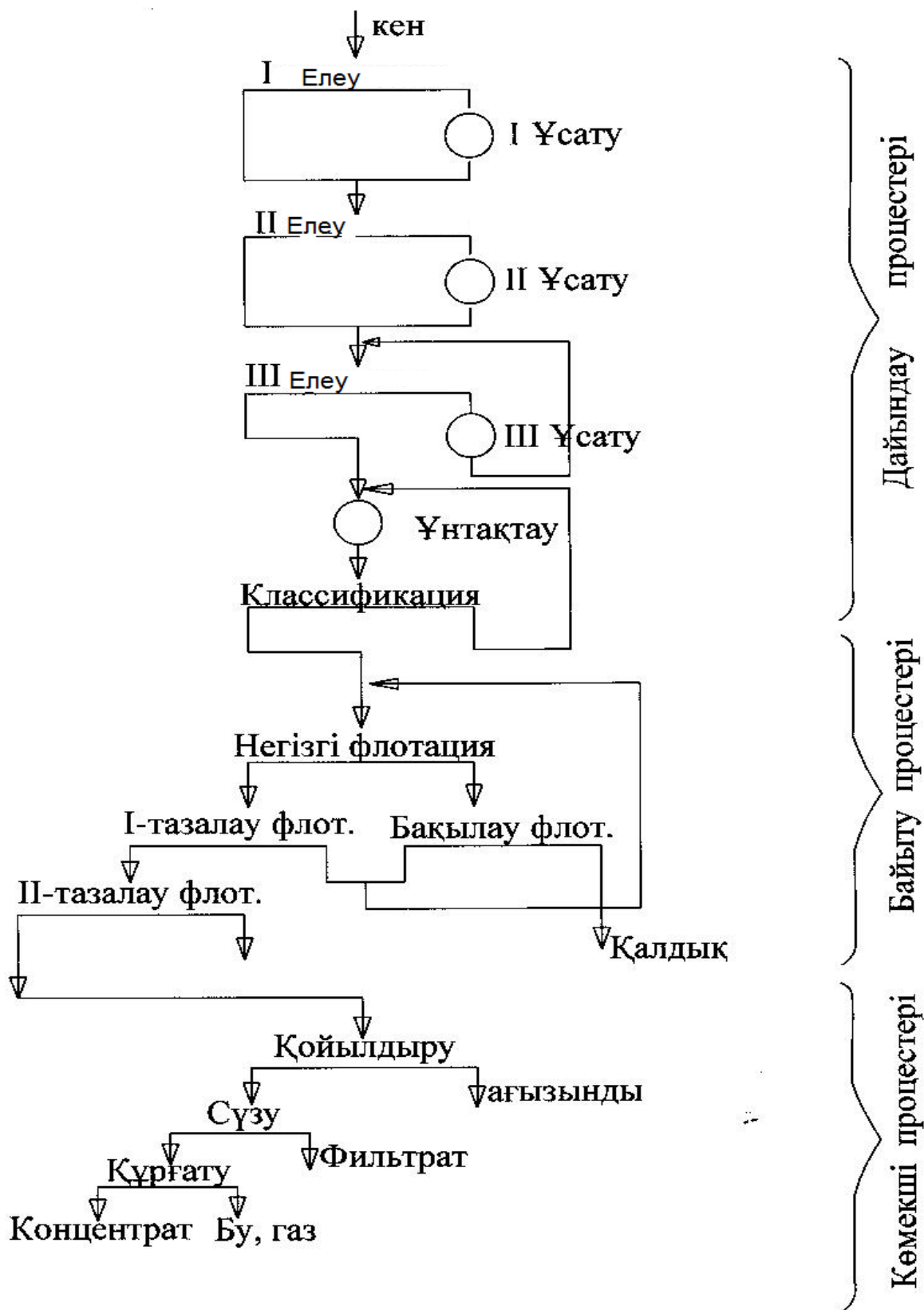
сусыздандыру не болмаса көмекші процестер деп атайды. Сусыздандыру үшін қай процесті қолдану керектігі су ішіндегі қатты зат түйіршіктерінің ірілік-ұсақтығына байланысты.

2.3 Кен байыту технологиялық схемалары

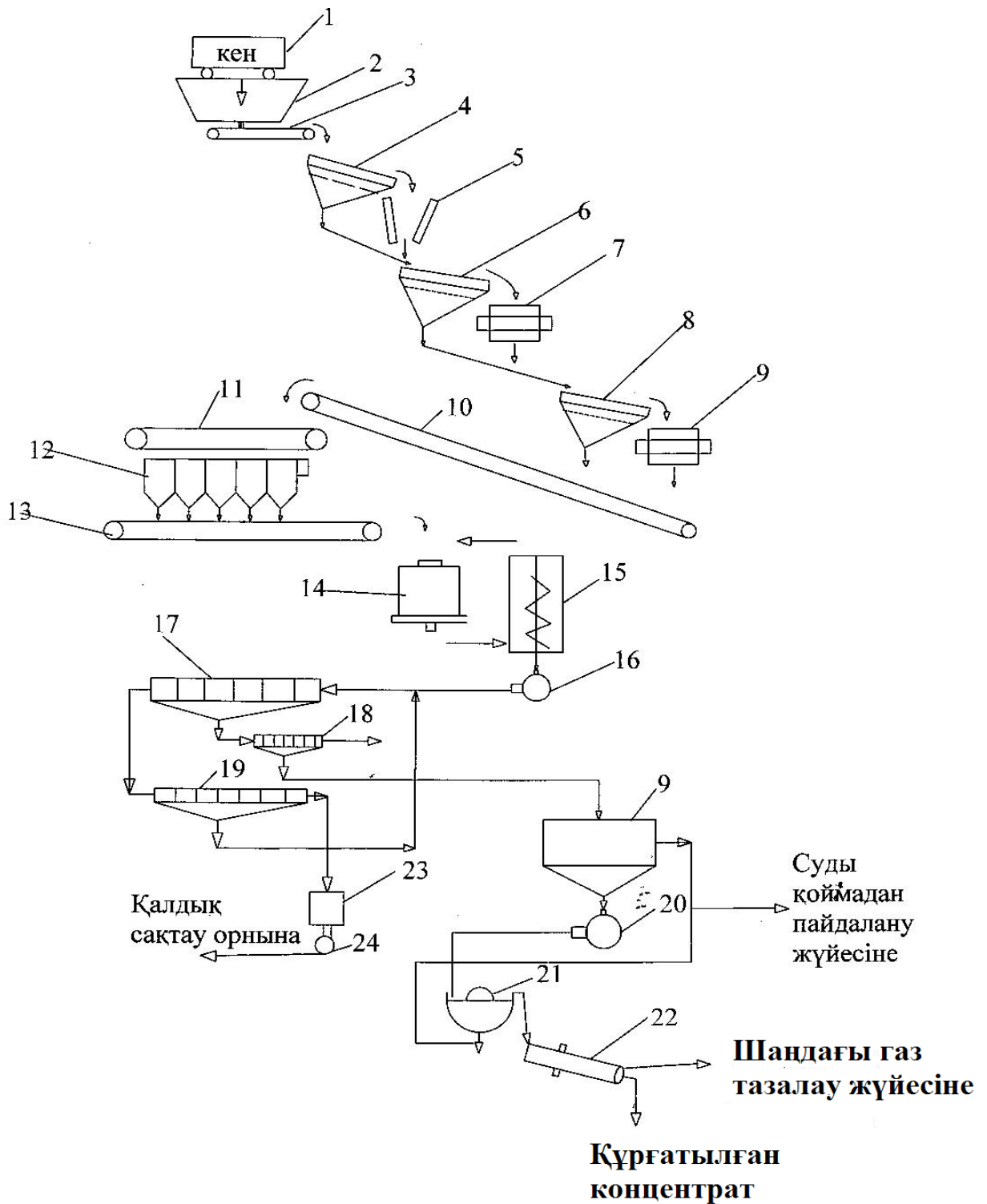
Кен байытуда қолданылатын барлық процестердің бірінен кейін бірінің жүргізілу тәртібін көрсететін жиынтығы *кен байыту технологиялық схемасы* деп аталады. Кеннен бастап әртүрлі процестерге түсетін және процестерден алынатын өнімдер стрелкалы тік сызықтармен белгіленеді. Екі өнім беретін процестер көлденең сызықтармен, ал бір өнімді процестер (мысалы, ұсақтау және ұнтақтау) шеңбер сызықпен белгіленеді. Егер технологиялық схемада тек қолданылатын процестер және олардың кезек орналасуы көрсетілсе оны сапалы схема деп атайды (1-сурет). Тек процестер көрсетіліп қоймай, әртүрлі процеске қанша өнім түсетіні және онда қанша бағалы зат бар екені көрсетілсе ол *сапалы санды схема* деп аталады. Ал осыларға қосымша схемада әр процеске қанша су түсетіні және өнімдермен бірге қанша су шығатыны көрсетілсе ол *сапалы–санды шламды схема* деп аталады.

Байытылуда жүргізілетін (1-сурет) процестерді сызық белгілермен көрсетпей, сол процестерді жүргізу үшін қолданылатын машиналардың үлгі түрлері көрсетілсе онда ол аппараттардың (машиналардың) *тізбек схемасы* деп аталады (2-сурет). Келтірілген схемалардың қай түрі болмасын кеннің қалай байытылатыны туралы мәлімет бере алады. Оларды тек сапалы, не санды, не шламды схема түрінде көрсетуге болады. 2-суретте келтірілген аппараттар тізбегі бойынша вагондармен жеткізілген кен қабылдағыш бункерге (2) түсіп одан пластинкалық конвейермен (3) колосникті елеуішке (4) түсіріледі. Тор үстінде қалған ірілік класс жақты ұсатқышқа (5) түсіп, ұсатылған кен тордан өткен ірілік класымен қосылып дірілдеуік елеуішке (6) түседі. Тор үстінде қалған класс орта ұсату үшін қолданылатын конусты ұсатқышқа (7) түседі. Ұсатылған кен тордан өткен ірілік класпен қосылып дірілдеуік елеуішке (8) түседі. Тор үстіндегі класс ұсақ ұсату үшін қолданылатын конусты ұсатқышта (9) ұсатылып тордан өтетін ірілік класпен қосылып ленталы конвейерлермен (10), (11) ұсатылған кенге арналған бункерге (12) түсіріледі. Одан ленталы конвейермен (13) диірменге (14) жіберіледі. Ұнтақталған кен спиральді классификаторға (15) түсіп, оның құмы диірменге қайтарылады да, ал ағызынды насоспен (16) он камералы негізгі флотация операциясына арналған флотациялық машинаға (17) түсіріледі. Одан шығатын камералық өнім (6) камералы бақылау операциясына арналған флотациялық машинаға (19) түседі. Бұл машинадан алынатын камералық өнім қалдық ретінде зумф (23) арқылы насоспен (24) қалдық сақтау орнына жөнелтіледі. Негізгі флотациялық машинаның көбікті өнімі тазалау процесіне арналған машинаға (18) түседі. Оның камералық өнімі бақылау операциясының көбікті өнімімен бірге негізгі флотацияға қайтарылып, ал көбікті өнімі (концентрат) қойылдырғышқа (25) түсіріледі. Қойылған концентрат насоспен (20) сүзгішке (21) түсіріліп, одан алынатын

кек құрғатқыш барабанда (22) құрғатылады. Қойылдырғыштың ағызындысы және фильтрат суды қайта пайдалану жүйесіне түсіріледі.



1-сурет. Флотациялау фабрикасында кен байытудың технологиялық схемасы (мысал)



2-сурет. Флотациялау фабрикасындағы аппараттар тізбегінің схемасы (мысал)

2.4 Кен байытудың технологиялық көрсеткіштері

Кен байытуда алға қойылатын мақсаттар – кен құрамынан бағалы заттарды неғұрлым толығырақ бөліп алу және алынған өнімдердің сапасы неғұрлым жоғары болуы. Осыған сәйкес кен байыту процестерінің нәтижелігі әртүрлі көрсеткіштермен сипатталады. Оларға жататындар: бөліп

алу дәрежесі, бағалы зат үлесі, байыту тиімділігі, жинақтау дәрежесі, өнім шығымы және қысқарту дәрежесі. *Бөліп алу дәрежесі* деп процентке айналдырылған, алынған өнімдегі бағалы заттың массасын сол заттың кендегі массасына бөлгендегі бөліндіні атайды. *Бағалы зат үлесі* деп процентке айналдырылған өнімдегі бағалы заттың массасын сол өнімнің массасына бөлгендегі бөліндіні атайды.

Өнім шығымы деп процентке айналдырылған өнімнің массасын кен массасына бөлгендегі бөліндіні атайды. *Жинақталу дәрежесі* деп концентраттағы бағалы зат үлесін кендегі бағалы зат үлесіне бөлгендегі бөліндіні атайды. *Байыту тиімділігі* деп іс жүзінде алынған концентраттағы бағалы заттың массасының өсуінің теориялық түрде бағалы зат концентратқа толық бөлінгендегі массаның өсуіне қатынасын айтады. Оны есептеп шығару үшін іс жүзінде алынған концентраттағы бағалы заттың массасын (P_k), кендегі бағалы зат массасын ($P_{кен}$) және массасы алынған концентрат массасына тең кен ішіндегі бағалы зат массасын білу қажет. *Қысқарту дәрежесі* деп кен массасының одан алынған концентрат массасына қатынасын атайды. Яғни, ол концентрат массасының кен массасынан неше рет аз екенін көрсетеді. Бұл көрсеткіштерді есептеп шығару жолдарын қарастыру алдында олар қандай әріптермен белгіленетінін түсіну қажет. Кен массасы Q , концентрат массасы C , қалдық массасы T әрпімен белгіленеді. Кендегі бағалы зат үлесі— α , концентратта— β , қалдықта— ϑ әрпімен белгіленеді. Өнім шығымдары— γ әрпімен белгіленеді. Өртүрлі өнімдердің шығымдарын ажырату үшін олардың аттарына сәйкес γ_k, γ_a және γ_k белгілері қолданылады (k —концентрат, a —аралық өнім, q —қалдық). Сол сияқты әр өнімге бөліп алу дәрежелері $\varepsilon_k, \varepsilon_a$ және ε_k әріптерімен белгіленеді. Жинақтау дәрежесін “ T ” әрпімен, байыту тиімділігін “ E ” және қысқарту дәрежесін “ R ” әрпімен белгілейік. Кендегі, өнімдердегі бағалы зат массаларын $P_{кен}, P_k$ және P_k әріптерімен белгілейік.

Өнімдердің шығымы жоғарыда келтірілген көрсеткіш анықтамаларына және әріптерге сай былай есептеледі:

$$\gamma_k = \frac{C}{Q} 100\% \quad \text{және} \quad \gamma_k = \frac{T}{Q} 100\%$$

Бағалы затты бөліп алу дәрежесі:

$$\varepsilon_k = \frac{P_k}{P_{кен}} 100\% \quad \text{және} \quad \varepsilon_k = \frac{P_k}{P_{кен}} 100\%$$

Яғни, шығымды бөліп алу дәрежесін есептеу үшін кеннің, өнімдердің және олардағы бағалы зат массасын білу қажет. Іс жүзінде байыту фабрикаларында үздіксіз тек кен массасын өлшеуге болады. Ал қысқа мерзім ішінде (мысалы, бір тәулікте) өнімдердің массасын өлшеп білуге болмайды. Өнімдегі және кендегі бағалы зат массасын табу үшін олардағы бағалы зат үлесін білу қажет. Бағалы зат үлесі тек кеннен, өнімдерден алынатын сынамаларды химиялық не физикалық әдістермен талдау арқылы ғана анықталады. Олар белгілі делік. Екі белгісізді

(γ_k және γ_k) табу үшін екі теңдеу құрылады: 1) Кен мен өнімдердің массаларының баланысын көрсететін теңдеу:

$$Q = C + T$$

2) Кендегі және өнімдегі бағалы зат массаларының баланысын көрсететін теңдеу:

$$\frac{Q\alpha}{100} = \frac{C\beta}{100} + \frac{T\vartheta}{100}, \quad \text{яғни} \quad Q\alpha = C\beta + T\vartheta.$$

Екі теңдеуді шешу арқылы табамыз:

$$\frac{C}{Q} = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \quad \text{және} \quad \frac{T}{Q} = \frac{\beta - \alpha}{\alpha - \vartheta}$$

$$\text{яғни} \quad \gamma_k = \frac{C}{Q} 100 = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} 100\% \quad \text{және} \quad \gamma_k = \frac{T}{Q} 100 = \frac{\beta - \alpha}{\beta - \vartheta} 100\%$$

Концентратқа бөліп алу дәрежесі:

$$\varepsilon = \frac{P_k}{P_{кен}} 100 = \frac{\frac{C\beta}{100}}{\frac{Q\alpha}{100}} 100 = \frac{C\beta}{Q\alpha} 100, \quad \text{яғни} \quad \varepsilon = \gamma_k \frac{\beta}{\alpha} \%$$

Қалдықта

$$\varepsilon_k = \frac{P_k}{P_{кен}} 100 = \frac{\frac{T\vartheta}{100}}{\frac{Q\alpha}{100}} 100 = \frac{T\vartheta}{Q\alpha} 100, \quad \text{яғни} \quad \varepsilon_k = \gamma_k \frac{\vartheta}{\alpha} \%$$

Егер γ_k және γ_k орнына олардың зат үлесі арқылы келтірілген сипатын қойсақ:

$$\varepsilon_k = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \times \frac{\beta}{\alpha} 100\% \quad \text{және} \quad \varepsilon_k = \frac{\beta - \alpha}{\beta - \vartheta} \times \frac{\vartheta}{\alpha} 100\%$$

Көрсеткіштер арасында төмендегідей баланс болуы керек:

$$Q = C + T$$

$$100 = \gamma_k + \gamma_k$$

$$100 = \varepsilon_k + \varepsilon_k$$

Байыту тиімділігін бағалы зат массаларын білу арқылы табамыз:

$$\text{Іс жүзінде алынған концентратта} - \frac{C\beta}{100},$$

$$\text{Теориялық алынған концентратта} - \frac{C_T\beta_T}{100},$$

$$\text{Массасы концентрат массасына тең кенде} - \frac{C\alpha}{100},$$

$$\text{Массасы теориялық алынған концентрат массасына тең кенде} - \frac{C_T\alpha}{100}$$

Сонда іс жүзінде алынған концентратта бағалы зат массасының өсуі

$$\frac{C\beta}{100} - \frac{C\alpha}{100} = C \frac{\beta - \alpha}{100}$$

Теориялық алынған концентратта бағалы зат массасының өсуі:

$$\frac{C_T \beta_T}{100} - \frac{C_T \alpha}{100} = C_T \frac{\langle \beta_T - \alpha \rangle}{100}.$$

Байыту тиімділігі:

$$E = \frac{C \frac{\beta - \alpha}{100}}{C_T \frac{\beta_T - \alpha}{100}} 100 = \frac{C}{C_T} \times \frac{\beta - \alpha}{\beta_T - \alpha} 100\%$$

Қысқарту дәрежесі

$$R = \frac{Q}{C}$$

Жинақтау дәрежесі

$$I = \frac{\beta}{\alpha}$$

Мысал. Байытылған кеннің массасы 1500 т. Алынған концентраттың массасы 45 т. Бағалы зат үлесі: кенде (α) – 1%, концентратта (β) – 30% және қалдықта (ν) – 0,103%. Өнімдердің шығынын және оларға бағалы затты бөліп алу дәрежесін табу керек. Концентраттың және кеннің массалары арқылы қалдықтың массасын табамыз:

$$T = Q - C \text{ яғни, } T = 1500 - 45 = 1455 \text{ т}$$

Өнімдердің шығымын белгілі массалар арқылы тапсақ

$$\gamma_K = \frac{C}{Q} \cdot 100 = \frac{45}{1500} \cdot 100 = 3\%, \quad \gamma_K = 100 - 3 = 97\%$$

Өнімдердің шығымын тек олардағы бағалы зат үлесін білу арқылы тапсақ

$$\gamma_K = \frac{\alpha - \nu}{\beta - \nu} \cdot 100 = \frac{1 - 0.103}{30 - 0.103} \cdot 100 = 3\%$$

$$\gamma_K = \frac{\beta - \alpha}{\beta - \nu} \cdot 100 = \frac{30 - 1}{30 - 0.103} \cdot 100 = 97\%$$

Бөліп алу дәрежелері:

Концентратта

$$\varepsilon_K = \frac{\gamma_K \cdot \beta}{\alpha} = \frac{3 \cdot 30}{1} = 90\%$$

Қалдықта

$$\varepsilon_K = \frac{\gamma_K \cdot \nu}{\alpha} = \frac{97 \cdot 0.103}{1} = 10\%$$

Я болмаса $\varepsilon_K = 100 - 90 = 10\%$

$$\text{Жинақталу дәрежесі } I = \frac{\rho}{\alpha} = \frac{30}{0.103} = 300$$

Бөліп алу дәрежесін, кенде және өнімдердегі бағалы зат массаларын тауып алу арқылы есептеп шығаруға болады. Ол үшін төмендегідей пропорциялар құрамыз:

Кенде 1500 – 100%

$$P_{\text{кен}} - 1\% \quad P_{\text{кен}} = \frac{1500 \cdot 1}{100} = 15 \text{ т}$$

Концентратта 45т – 100%

$$P_{\text{к}} - 30\% \quad P_{\text{к}} = \frac{45 \cdot 30}{100} = 13.5 \text{ т}$$

Қалдықта 1455 – 100%

$$P_{\text{к}} - 0,103 \quad P_{\text{к}} = \frac{1455 \cdot 0.103}{100} = 1.5 \text{ т}$$

Концентратпен қалдықтағы бағалы зат массаларының қосындысы кендегі бағалы зат массасына тең болуы керек:

$$P_{\text{кен}} = P_{\text{к}} + P_{\text{к}} \quad 15 = 13,5 + 1,5$$

Сонда, бөліп алу дәрежесі:

$$\text{Концентратта} \quad \varepsilon_{\text{к}} = \frac{P_{\text{к}}}{P_{\text{кен}}} \cdot 100 = \frac{13.5}{15} \cdot 100 = 90\%$$

$$\text{Қалдықта} \quad \varepsilon_{\text{к}} = \frac{P_{\text{к}}}{P_{\text{кен}}} \cdot 100 = \frac{1.5}{15} \cdot 100 = 10\%$$

$$\text{Қысқарту дәрежесі: } R = \frac{Q}{C} = \frac{1500}{45} = 33.3$$

3 Кен және байыту өнімдерін гранулометриялық талдау

Гранулометриялық талдау деп заттың ірілік – ұсақтығын анықтауды атайды. Байыту фабрикаларында қолданылатын барлық процестердің өнімділігі және нәтижелігі заттың ірілі – ұсақтығына өте тәуелді. Әр процестің нәтижелігі заттың ірілі – ұсақтығы тек белгілі бір мөлшерде болса ғана жоғары болады. Сондықтан кенді және әр процестерде өнделетін өнімдерді гранулометриялық талдаудың маңызы зор.

3.1 Түйіршіктердің диаметрі және ірілік класстар туралы түсініктер

Түйіршіктер және кесектер шар не куб сияқты дұрыс пішінді болмайды. Сондықтан олардың ірілігін бағалағанда орта диаметрін табу қажет. Ол үшін түйіршіктің ірілігі үш бағытта өлшенеді де (ұзындығы – L, көлденеңі – B және биіктігі – H) орта диаметр есептелінеді:

$$d_{\text{орп}} = \frac{L+B}{2} \quad \text{не} \quad d_{\text{идо}} = \sqrt{L \times B}$$

не болмаса,

$$d_{\text{орп}} = \frac{L+B+H}{3} \quad \text{не} \quad d_{\text{идо}} = \sqrt[3]{L \times B \times H}$$

Ірілі-ұсақты түйіршіктерден тұратын араласқан қоспаға гранулометриялық талдау жасау үшін ірілік класы деген түсінікке тоқтайық. Қандайда болсын аралас заттың ірілігі соның ішіндегі ең ірі кесектің және ұсақ түйіршіктің диаметрін көрсету арқылы белгіленеді: мысалы, ең үлкен кесектің диаметрі 500 мм, ал ең ұсақ түйіршіктің диаметрі 1 мм болса, бұл қоспаны гранулометриялық сипаттау былай көрсетіледі: - 500 + 1 мм. Алу белгісі қоспа ішіндегі кесектердің барлығының диаметрі 500 мм–ден кіші, ал қосу белгісі, барлығының диаметрі 1 мм–ден үлкен екенін көрсетеді. Егер осы аралас тесік диаметрі 100 мм–ге тең елеуіштен өткізілсе екі өнім алынады: елеуіштен өтпеген (үстіңгі) және өтіп кеткен(астыңғы) өнімдер. Демек, алғашқы аралас екі класқа бөлінеді. Кластардың ірілігі былай сипатталады: үстіңгі класс –500 + 100 мм, астыңғы класс –100 + 1 мм. Егер аралас бірнеше елеуіштен өткізілсе, онда одан бірнеше ірілік кластар алынады. Түйіршіктер (кесектер) араласының ірілігі не ұсақтығы осы аралас құрамына кіретін әр түрлі ірілік кластардың үлесімен, яғни гранулометриялық құрамымен сипатталады. Заттың гранулометриялық құрамын анықтау үшін елеуішті талдау, седиментациялық талдау және микроскоппен талдау әдістері қолданылады.

3.2 Елеуішті талдау

Елеуішті талдау деп затты тесік диаметрлері әртүрлі елеуіштердің жиынтығынан өткізіп ірілік кластарға бөлуді атайды.

Қазір стандартты елеуіштер жиынтығының бірнеше түрі бар. Әр түрінде жиынтыққа кіретін елеуіштердің тесіктерінің диаметрі кездейсоқ емес бір заңдылыққа бағына өзгереді. Осылай бір жүйемен өзгерген тесік диаметрлері тізбегін *классификациялау шкаласы* деп атайды, ал тізбекте қатар тұрған екі елеуіштің тесіктерінің диаметрінің бөліндісін (ара қатынасын) *шкаланың модулі* деп атайды. Ірілігі 1 мм–ден жоғары ірілік кластарын алуға қолданылатын елеуіштердің шкала модулі екіге тең. Мұндай елеуіштер әдетте тесіктері штампылау арқылы тесілген болат беттен (қаңылтырдан) жасалады. Тесіктері көбінде дөңгелек пішінді болады. Елеуіштер төрт бұрышты түрде жасалады. Ірілігі 3 мм – ден төмен кластарын алу үшін қолданылатын елеуіштердің шкала модулі 1,414 не 1,189–ға тең (1–кесте). Мұндай елеуіштер (диаметрі 200 мм дөңгелек пішінді) сымнан тоқылады.

1 – кесте. Елеуіштер сипаттамасы

ГОСТ 358 – 53 – ке тәуелді елеуіштер тесік диаметрі, мм		1,414 модульді елеуіштер			1,189 модульді елеуіштер	
тесік диаметрі, мм	сым диаметрі	меш саны	тесіктер диаметрі, мм	сым диаметрі	меш саны	тесіктер диаметрі, мм
1	2	3	4	5	6	7
–	–	3	6,680	1,780	–	–
–	–	4	4,700	1,650	–	–

1	2	3	4	5	6	7
–	–	5	3,960	1,120	–	–
2,5	0,5	8	2,360	0,813	8	2,300
2,0	0,5	9	2,980	0,839	–	–
1,6	0,45	10	1,650	0,890	10	2,000
1,25	0,40	12	1,400	0,710	12	1,680
1,0	0,35	14	1,170	0,635	14	1,410
0,9	0,35	16	0,990	0,596	16	1,190
0,8	0,30	–	–	–	18	1,000
–	–	20	0,830	0,437	20	0,840
0,7	0,30	24	0,700	0,700	–	–
–	–	–	–	–	25	0,710
0,63	0,25	28	0,590	0,318	–	–
0,56	0,23	–	–	–	30	0,590
0,50	0,22	32	0,495	0,300	–	–
0,45	0,18	35	0,417	0,310	35	0,500
–	–	–	–	–	40	0,420
0,355	0,15	42	0,351	0,254	–	–
0,315	0,14	–	–	–	45	0,350
–	–	48	0,295	0,234	–	–
–	–	–	–	–	50	0,300
0,25	0,13	60	0,246	0,178	60	0,250
0,20	0,13	65	0,208	0,183	–	–
–	–	–	–	–	70	0,217
0,18	0,13	80	0,175	0,142	80	0,177
0,14	0,09	100	0,147	0,107	100	0,150
0,125	0,09	115	0,124	0,097	–	–
–	–	–	–	–	120	0,125
–	–	–	–	–	140	0,105
0,100	0,07	150	0,104	0,066	–	–
–	–	6	3,300	0,915	–	–
–	–	7	2,790	0,834	7	2,830
0,09	0,07	170	0,088	0,061	170	0,088
0,071	0,055	200	0,074	0,053	200	0,074
0,063	0,045	250	0,061	0,041	230	0,062
0,056	0,040	270	0,063	0,041	270	0,053
0,040	0,030	325	0,043	0,036	325	0,044

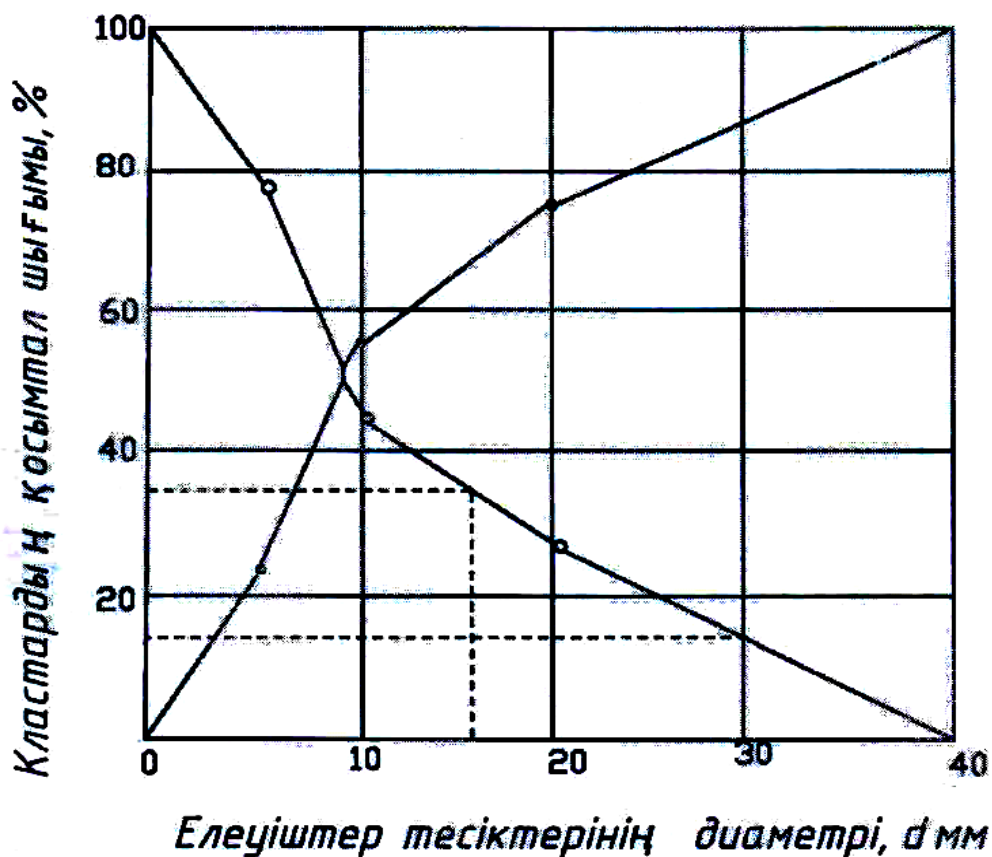
Меш деп елеуіш бетіндегі ұзындығы 25,4 мм-ге тең сызық бойындағы тесіктер санын атайды. Зат елерде елеуіштер ретімен бірінің үстіне бірі қойылады. Ең үстіне үлкен тесікті, ең астына ең кіші тесікті елеуіш орналасады. Үстіңгі елеуіштің беті қақпақпен жабылып, ең астыңғы елеуіш арнаулы қабылдағыш үстіне қойылады. Ең ұсақ елеуіштің тесігінің диаметрі 0.040 мм-ге тең.

Демек, елеуішті талдау әдісін тек 0.040-ден жоғары ірілік кластарды алуға қолданылады. Одан төменгі ірілік кластарды алу үшін седиментациялық әдіс қолдануға тиіс. Затты елеу үшін оның белгілі бір массасы үстіңгі елеуішке салынады. Сонан соң елеуіш жиынтығы 10-30 мин арнаулы сілкіндіргіш қондырғыға қойылып тербетіледі. Елеу уақыты өткен

соң әр елеуіштің үстінде қалған зат (ірілік класс) өлшеніп, массасы табылады. Ірілік кластардың қосынды массасы табылған соң әр ірілік кластың проценттік шығымы есептеледі. Осы алынған деректерден қоспа ішінде әр түрлі ірілік кластардың үлесін, яғни затта ұсақ материал көппе, әлде ірі материал көппе, я болмаса олар бір келкі үлесті екені айқындалады. Деректер көрнекті болу үшін оларды графикалық түрде бейнелейді. Ол үшін әдетте қосымтал шығым сызықтары сызылады. Қосымтал шығымдарды әр кластың шығымдарын үстіңгі жағынан бастап төмендей қосып (үстінен қосу), не астынан үстіне қарай көтеріле қосып (астынан қосу) табады. Елеуішті талдаудан алынған осындай барлық деректерді жазу тәртібі 2-кестеде көрсетілген.

2–кесте. Елеуішті талдаудың нәтижелері (мысал)

Ірілік кластар, мм	ШЫҒЫМ		Қосымтал шығымдар, үстінен, %	Қосымтал шығымдар, астынан, %
	грамм	%		
-40+20	50	25	25	100
-20+10	40	20	45	75
-10+5	60	30	75	55
-5+0	50	25	100	25
Алғашқы зат	200	100	–	–



3-сурет. Іріліктің гранулометриялық сипаттамасы

3-суретте, 2-кестеде келтірілген деректердің негізінде сызылған заттың гранулометриялық сипаттамасы көрсетілген. Абцисса өсіне елеуіштің тесігінің диаметрі, яғни класс диаметрі, салынады да, ал ордината өсіне кластардың қосымтал шығымдары салынады (3-сурет). Қосымтал шығым сипаттамалы сызықтар бүкір, ойдым не түзуге жақын түрде болады. Сол түрлеріне қарап алғашқы қоспада ірілік кластардың үлестерінің ара қатынасын, яғни онда ірі кластардың не ұсақ кластардың азды-көптігін білуге болады: бүкір сызық ірі кластардың, ал ойдым сызық ұсақ кластардың басымшылығын көрсетеді. Түзуге жақын сызық затта ірі-ұсақ кластардың бір келкі кездесетінін көрсетеді. Қосымтал сипаттамалы сызықтарды пайдаланып қоспа ішіндегі кез келген ірілік кластардың шығымын тауып алуға болады. Ол үшін абцисса өсінің бойынан керек кластың диаметрін белгілейміз де, сол нүктелерден осы өське перпендикуляр түсіріп, олар сипаттамалы сызықпен айқасқанша жүргізіледі. Енді табылған екі нүктеден ордината өсіне перпендикуляр түсіріледі. Іздеп отырған ірілік кластың шығымы осы ордината өсінен табылған екі нүктемен шектелген процентке тең. 3-суретте $-30+15$ ірілік кластың шығымы $30-15=15\%$ екені көрсетілген.

3.3 Седиментациялық талдау

Бұл әдіс әдетте заттан диаметрі 0.074 мм-ден кіші кластар бөлуге қолданылады. Ол әртүрлі диаметрлі минерал түйіршіктерінің суда шөгу жылдамдығының әр түрлілігіне негізделген. Демек, бұл талдау әдісі әдетте суда жүргізіледі. Түйіршіктің суда шөгу жылдамдығы оның диаметрімен тығыздығына тәуелді. Ұсақтық 0.088 мм-ден кем болғанда, шөгу жылдамдығы Стокс формуласымен анықталады:

$$V=545 d^2 (\delta - \Delta), \text{ мм/с}$$

Мұнда, d - кластың ең ірі түйіршігінің диаметрі, мм;

δ - минералдың тығыздығы;

Δ - судың тығыздығы.

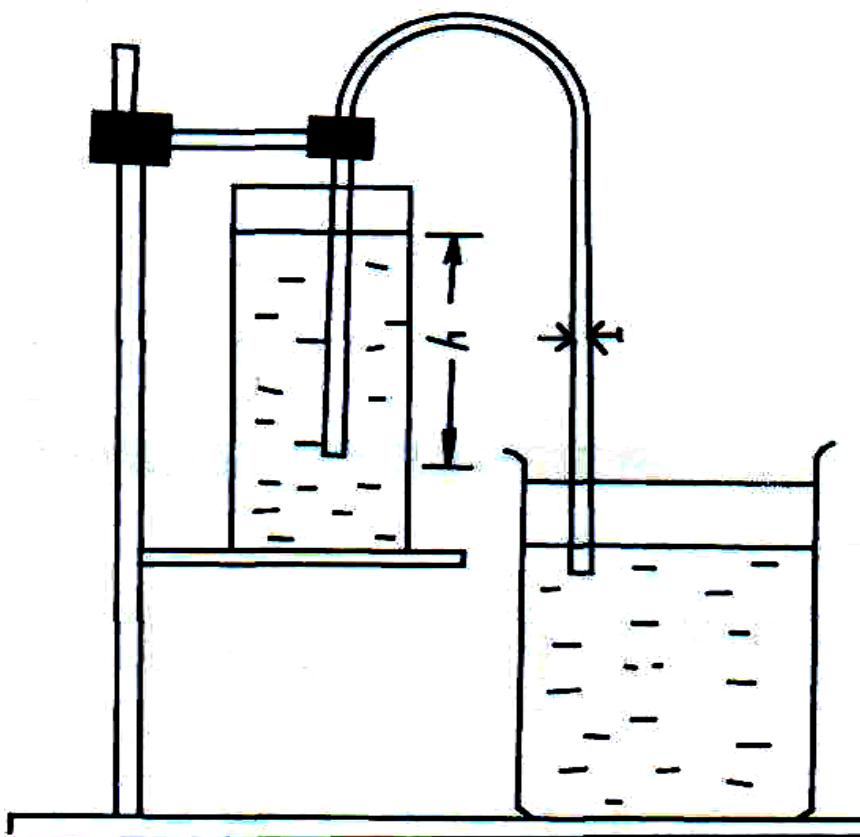
Седиментациялық талдауда да бөліп алуға керекті кластардың ірілігін белгілегенде шкала модулін тұрақты қалдырған жөн.

Көбінде оны екіге тең етіп қоспадан төменгі кластарды алады: $+0.040$ мм, $-0.040+0.020$ мм, $-0.020+0.010$, $-0.010+0.005$ мм және $-0.005+0$ мм. Осыған байланысты әр клас үшін шөгу жылдамдығы есептеледі. Әдетте бастапқы қоспадан кластар біртіндеп (ұсақ кластан бастап) не арнаулы аппарат қолдану арқылы барлық кластар бір кезде бөлінеді. Кластарды біртіндеп бөлу үшін 30-50г зат биіктігі 150 мм-дей стаканға не көлемі 1 литрлік өлшеуіш цилиндрге араластырылып салынады. Су әрдайым белгілі бір деңгейге дейін құйылуға тиісті. Осы деңгейден төмен қарай бір қашықтық (h) белгіленеді (4-сурет).

Стакан ішіне сол қашықтық бойына малынған сифонды түтік орнатылады. Оның екінші төменгі бос басы резеңке түтікпен жалғастырылады. Осыдан кейін сифонды түтік іші сумен толтырылады. Су ағып кетпес үшін резеңке түтік арнаулы қысқышпен қысылады, не болмаса

шыны кранмен жабылады. Енді зат пен су таяқшамен жақсылап араластырылады да кенет тоқтатылып, секундомермен шөгу уақыты өлшенеді. Шөгу уақыты (t) стакан (не цилиндр) бойында белгіленген қашықтықты (h) еске алып табылған шөгу жылдамдығы (v) арқылы анықталады:

$$t = \frac{h}{v}, \text{ с}$$



4-сурет. Седиментациялық әдісті сифондау арқылы жүргізу

Осы уақыт өткен кезде қысқыш (не кран) ашылып, стакандағы белгіленген тереңдікке дейінгі (h) шөгіп үлгермеген су мен лас зат сифонды түтік арқылы арнаулы қабылдағыш ыдысқа құйылады. Бірақ осы әрекет кезінде бөлініп алынуға тиісті клас түгел шықпайды. Ол үшін осы әрекет көп рет қайталанады. Ол үшін стаканға белгіленген деңгейге дейін тағы су құйылады да әрекет қайталана береді. Кластың толық бөлініп біткенін көрсететін жайдың көрінісі былай: су құйылып, араластырылып, шөгу уақыты біткен кезде h мм тереңдікте су мөлдір болып қалуы керек. Осылай заттан ең ұсақ клас бөлініп алған соң келесі класты бөлу басталады. Ол үшін басқа қабылдағыш ыдыс қойылып, осы кластың шөгу жылдамдығына сәйкес табылған шөгу уақыты есептеледі. Алынған әр класты заттар судан бөлініп, құрғатылып өлшеніледі де шығымдары есептелінеді.

4 Ұсату және ұнтақтау

4.1 Жалпы түсініктер

Байыту фабрикаларына түсетін кеннің ең ірі кесектерінің диаметрі 1200 мм-ге жетеді. Әдетте, егер кен жер бетінен, ашық карьерден алынса онда кесектігі 1200 мм-ге жетсе, ал жер астынан /шахталардан/ алынса 600-700мм-ден аспайды. Ұсату және ұнтақтау дегеніміз шартты ұғымдар, себебі олар бір негізді процестер. Егер кесектердің диаметрі 5 мм-ге дейін қысқартылса процесс ұсату деп аталынады, ал одан ары ұсату әрекеті ұнтақтау деп аталынады. Бұл процестер кенді байытуға дайындау үшін жүргізіледі. Кенді қай мөлшерге дейін ұсату не ұнтақтау қажеттігі тұтас кен кесегіндегі бөліп алуға керекті бағалы минерал түйіршіктерінің диаметрлерімен анықталады. Байыту процестерінде бағалы минерал түйіршіктері тек бос түрде ғана болса бөлініп алынады. Соған байланысты ұсату және ұнтақтау процестерімен минералдар бір-бірімен неғұрлым толығырақ босатылса байыту кезінде соғұрлым бір-бірінен тиімді бөлінеді. Әдетте оларды бір-бірінен толық босату қиын. Белгілі мөлшерде олар қабысқан түрде қалады. Осындай екі не бірнеше минералдардан тұратын қабысты түйіршіктер қалдықта қалып қояды. Сонымен қатар ұсақтау және ұнтақтау кезінде бағалы зат түйіршіктерінің белгілі мөлшері өте ұнтақталып кетеді. Бұл жай байыту процестерінің тиімділігін төмендетіп жібереді. Мысалы, түйіршік диаметрі 0,01 мм-ден азайса оларды байытудың қай әдісімен болмасын бөліп алу қиындайды, ал 0,005 мм-ден азайса іс жүзінде бөлінілмей қалдықта қалады. Осы жайларға байланысты, кен байытуда ұсату және ұнтақтау процестерінің маңызы зор. Демек, ұсату не ұнтақтау дәрежесі жеткіліксіз болса минералдар қабысты түрде қалады, ал ұнтақтау дәрежесі жоғары болса тым майдаланып кетеді. Әдетте тиімді ұнтақтау дәрежесі тек тәжірибе жүргізу арқылы ғана анықталады. Ұсақтау және ұнтақтау процестерінде көп энергия шығындалады. Мысалы, кен байыту фабрикасында шығындалатын барлық энергияның 60-75 проценті ұсақтау және ұнтақтау процестеріне жұмсалады. Сондықтан бұл процесте "зат қажетсіз ұсатылмасын" деген принципті жүзеге асыру қажет. Ол үшін әдетте көмекші процестер – елеу және классификациялау қолданылады.

4.2 Ұсату процестері

Кен кесегін ұсатуда шығындалатын энергия заттың құрамына кіретін бөлшектердің өзара байланыс күшін бұзуға жұмсалады. Сонымен қатар кесек мықтылығы кристал структурасының типімен қатар ақауы (дефект) болуына, сол сияқты микро-жарықшақтардың болуымен байланысты. Ұсатылу процесі алдымен осы микрожарықшақтардың әлсіз байланысты қабаттар бойымен жүреді. Соның нәтижесінде кесек ұсақталған сайын заттың мықтылығы арта түседі. Ұсату процесінде сырт энергия, біріншіден, заттың кристалдық структурасын деформациялауға (біразы жылуға айналады), екіншіден, жаңа

сыртқы бет жасауға жұмсалады. Энергияның атқаратын жұмысы Ребиндер мен Жигачтың теңдеуімен сипатталады:

$$A = A_g + A_\delta = K \Delta V + \delta \Delta S$$

Мұнда A – ұсату жұмысы;

A_g – деформациялауға шығындалған жұмыс;

A_δ – жаңа сырт бет жасауға шығындалған жұмыс;

ΔV – деформацияланған көлем;

ΔS – жаңа пайда болған бет ауданы;

K және δ – пропорционалдық коэффициенттер.

Егер кен кесектерінің диаметрі ұсату процесінде аз ғана кішірейтілсе жұмыстың негізі деформациялауға жұмсалады. Демек, сыртқы бет жасау жұмыс үлесі аз болады да, оны есептемеуге болады. Онда жоғарыда келтірілген теңдеу Кирпичев-Киктің ұсату заңымен сипатталады:

$$A = K \cdot \Delta V$$

Ұсату процесінде шығындалатын энергия негізінен жаңа бет жасау жұмысына жұмсалады:

$$A = \mathfrak{E} * \Delta S / \text{Риттингердің ұсату заңы/}$$

Бонд гипотезасы бойынша толық ұсату жұмысы кесектің көлемі және бет ауданы аралығының геометриялық ортасына сәйкес өзгереді:

$$A = K \sqrt{D^2 * D^3} = K * D^{2.5}$$

Ұсату процесінде кен кесегінің бастапқы диаметрінің неше есе кішірейетінін көрсететін санды ұ с а т у д ә р е ж е с і деп атайды. Ол ұсату алдындағы ең ірі кен кесегінің не кесектердің орта диаметрін ұсатудан алынған кеннің ең ірі кесегінің не кесектерінің орта диаметріне бөлгендегі бөліндісіне тең, яғни

$$i = \frac{D_{\max}}{d_{\max}} \quad \text{не болмаса} \quad i = \frac{D_{opt}}{d_{opt}}$$

мұнда i – ұсату дәрежесі,

D_m және D_o ұсату алдындағы ең ірі кесектердің және кесектердің орта диаметрі;

d_m және d_o – ұсатудан кейінгі ең ірі кесектің және кесектердің орта диаметрі.

Бастапқы кен кесегінің диаметрін (500-1200 мм) белгілі мөлшерге дейін (5-15 мм) ұсатуды бір аппаратта жүргізу өте қиын. Себебі аппараттың өнімділігі өте төмен болар еді. Сондықтан іс жүзінде кен біртіндеп, яғни сатылай ұсатылады. Әдетте ұсату сатыларын шартты түрде *ірі ұсату*, *орташа ұсату және ұсақ ұсату* деп бөледі. Кейбір қатты кен түрлерін ұсатқанда төрт сатылы ұсату жүргізіледі. Ұсатуға қолданылатын аппараттардың ұсату дәрежесі 3-тен 8-ге дейін өзгереді. Ірі ұсату сатысында кесек диаметрі 500-1200 мм-ден 150-350 мм-ге дейін, орташа ұсату сатысында 150-350 мм-ден 50-100 мм-ге дейін, ұсақ ұсату сатысында 50-100

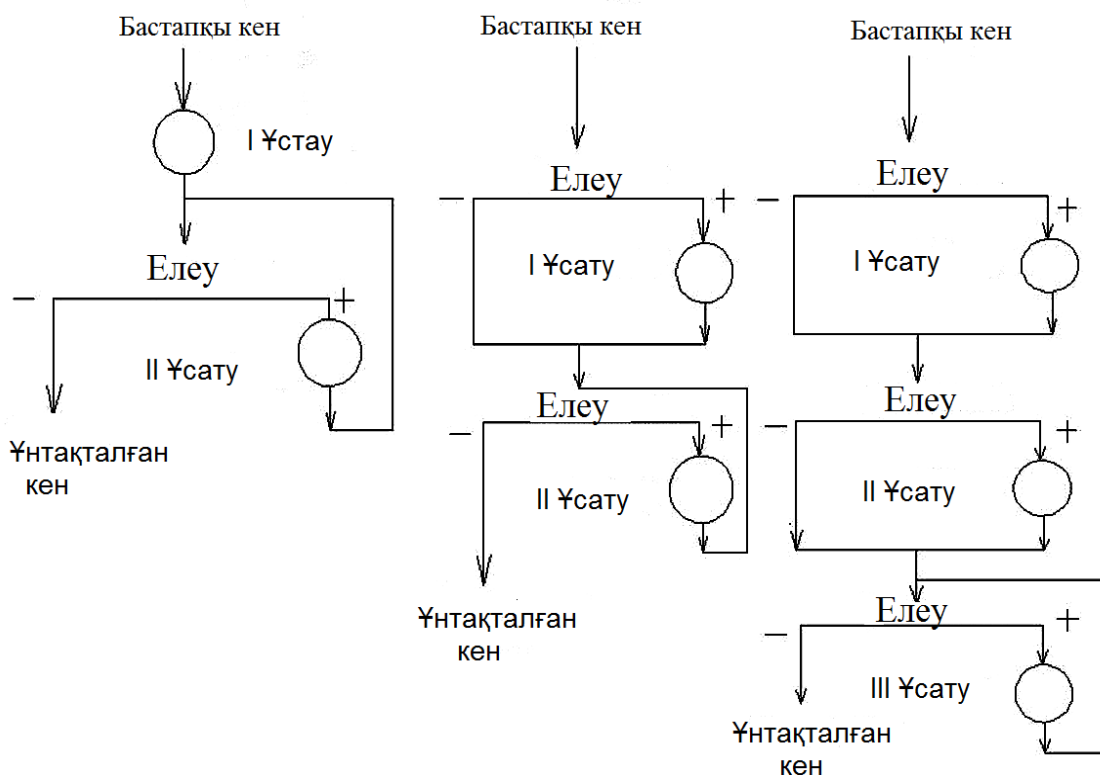
мм-ден 10-20 мм-ге дейін кішірейеді. Сонда жалпы ұсату дәрежесі әр сатының ұсату дәрежесінің көбейтіндісіне тең:

$$i = i_1 * i_2 * i_3$$

Ұсатуды неше сатымен жүргізу қажеттігі кен кесектерінің бастапқы диаметрімен және қандай диаметрге дейін кішірейтілуі керек екендігіне байланысты. Ұсату процесін жүргізгенде "зат қажетсіз ұсатылмасын" принципін іске асыру үшін ұсату процестерімен бірге көмекші процесс- елеу қолданылады. Елеу көбінде ұсату алдында (алдын ала елеу), кейде ұсатудан кейін (бақылау елеуі) жүргізіледі. Алдын ала елеу процесінде кен ішіндегі сол сатыда ірілігі жағынан ұсатуды қажет етпейтін даяр бөлігі бөлінеді. Ұсатуға тек елеуіштен өтпеген зат түседі де, ал өткен зат тура келесі сатыға жөнелтіледі. Ұсату кезінде кесектердің диаметрі белгілі бір мөлшерге дейін кішірейтіледі делік. Бірақ, әдетте, аппараттың ұсатылған кен өтетін жырығынан диаметрі белгіленген мөлшерден үлкен кесектер өтіп кетеді. Олардың диаметрін белгіленген мөлшерге жеткізу үшін бақылау елеуі қолданылады. Елеуіштен өтпеген кен бөлігі ұсатқышқа қайта қайтырылып, ал өткен бөлігі келесі ұсату сатысына жөнелтіледі.

Алдын ала елеу әсіресе бастапқы затта ұсатуды сол сатыда қажет етпейтін зат мөлшері неғұрлым көп болса соғұрлым тиімді. Ал, оның мөлшері өте аз болса, онда алдын ала елеуді қолданбауға болады. Сол сияқты, егер байыту фабрикасының өнімділігі жоғары болып ірі ұсату сатысында жоғары өнімді конусты ұсатқыштар қолданылса алдын ала елеу процесінің тиімділігі өте төмен болады да, көпшілік жағдайда қолданылмайды. Бақылау елеуі тек ұсақ ұсату сатысында қолданылады. Қосымша ұсатуды керек ететін затты бөліп алу үшін ақырғы ұсатқыштан шыққан зат сол ұсатқыштың алдында жүргізілетін алдын ала елеу процесіне қайтарылады. Демек, алдын ала елеу және бақылау елеуі көбінде бір елеуіште жүргізіледі, яғни екі процесс бір жүргізіледі. Соңғы ұсатқыштан шыққан зат алдын ала елеу процесіне қайтарылса ұсату тұйық циклде жүргізіледі. Ірі және орташа ұсату тек ашық циклде жүргізіледі. 5 – суретте ұсату процестерінің әр түрлі схемалары келтірілген.

Ұсату процесінде қолданылатын аппараттарда кен кесектері төрт түрлі әрекеттің -жаншу, жару, соғу және аса майдалау әсерлерімен ұсатылады. Олардың негізгілері - жаншу және соғу. Ұсату процестері негізінде құрғақ түрде жүргізіледі. Тек балшықты кендерді ұсатқанда заттың ұсатқыш арқылы жүрімділігін арттыру үшін қосымша су қолданылуы мүмкін. Не болмаса шаң басу үшін өте аз мөлшерде су бүркіледі. Байыту фабрикаларында кен ұсату үшін қолданылатын машиналарды ұсатқыштар деп атайды. Көп таралған ұсатқыштар төрт типке бөлінеді: жақты (щекалы), конусты, валкты және балғалы ұсатқыштар. Ұсатқыштардың жұмысының тиімділігі ұсатылған кеннің әр тоннасына шығындалатын энергия (квт. сағат) мөлшерімен сипатталады.



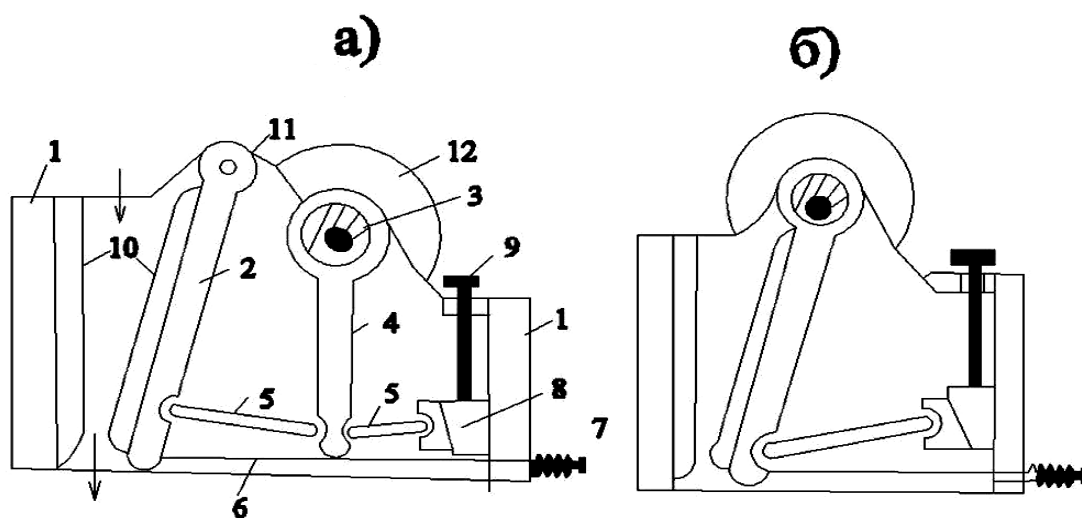
5– сурет. Ұсату схемалары

4.3 Жақты ұсатқыштар

Жақты ұсатқыштарда кен кесектері қозғалмайтын және қозғалмалы екі жақтың арасында жаншу әрекеттері әсерімен ұсатылады. Олар көбінде ірі ұсату сатысында қолданылады. Ұсату дәрежелері іс жүзінде 3-4- ке тең, ал кей кезде 8-ге жетуі мүмкін. Қозғалмалы жақтың қозғалыс ерекшеліктеріне қарай олар қарапайым (ЩДП) және күрделі қозғалысты (ЩДС) болып екі түрге бөлінеді. Конструкциялық біраз өзгешеліктері болғанымен олардың жұмыс істеу принциптері және бөлшектері бірдей. Ұсатқыштың корпус (1) пішіні (6-сурет) төрт бұрышты (алдыңғы, артқы және екі жақ қабырғалары).

Артқы қабырғаның биіктігі алдыңғы қабырғаның биіктігінен төмен жасалады. Қарапайым қозғалысты жақты ұсатқышта (6, а-сурет) қозғалмалы жақ (2) екі ұшы қабырғаларға орнатылған білікке (11) ілінген. Қозғалмайтын жақтың ролін алдыңғы қабырға атқарады. Кен осы екі жақтың арасында қабылдағыш жырыққа түсіп, жаншылу арқылы ұсатылып, төменгі жырықтан (шығару жырығы) шығады. Кен кесектерінің ысқылауынан мұжылмас үшін алдыңғы қабырға, қозғалмалы жақ және екі жақ қабырға беттері болаттың мықты сорттарынан жасалынған плиталар, футеровкалармен қапталады. Эксцентрікті валға (3) шатун (4) орнатылған. Оның жоғарғы басы вал айналғанда айналмалы қозғалыс жасап, ал төменгі жағы тік бағытта жоғары-төмен түсіп қозғалады. Шатунның төменгі шетінің екі жағында арнаулы ұяшықтар бар. Оларға кергіш

плиталардың (5) бастары келіп тіреледі. Бір кергіш плитаның екінші басы қозғалмалы жақтағы ұяшыққа, ал екінші кергіш плитаның бір басы реттегіш сынадағы (8) ұяшыққа тіреледі. Кергіш плиталар түсіп кетпес үшін қозғалмалы жақ серіппелі (7) тартқышпен (6) үнемі кейін тартылып тұрады. Эксцентрикті вал шкив (12) және оған кигізілген белбеулер арқылы электроқозғалтқышымен жалғасады. Шатун жоғары көтерілгенде өкі кергіш плиталардың арасындағы бұрыш үлкейеді. Соның нәтижесінде қозғалмалы жақ алдыңғы қабырғаға қарай итеріледі. Осы кезде екі жақтың арасындағы кен кесектері жаншылып ұсатылады, шатун төмен түскенде кергіш плиталар арасындағы бұрыш азайып, қозғалмалы жақ өз салмағымен және серіппелі тартқыштың күшімен оңға жылжыйды. Екі жақтың арасындағы төменгі жырық кеңіп, ұсатылған кен кесектері ұсатқыштан шығады.



6-сурет. Қарапайым (а) және күрделі (б) қозғалысты жақты ұсатқыштардың схемалы көріністері: 1-корпус; 2-қозғалмалы жақ; 3-эксцентрикті вал; 4-шатун; 5-кергіш плиталар; 6-тартқыш; 7-серіппе; 8-реттегіш сыналар; 9-винт; 10-футеровкалар; 11-білік; 12-шкив.

Жақта ұсатқыштардың өнімділігі тым жоғары емес. Себебі, кен тек қозғалмалы жақ алға жылжығанда ғана ұсатылады. Оның жаншу энергиясын көбейту үшін эксцентрикті валдың екінші шетіне массасы шкивтің массасына тең маховик орнатылған. Екеуінің тез айналысына байланысты үлкен екпінді күш пайда болады. Ұсатқыштардың өнімділігі жақтардың арасындағы төменгі жырықтың үлкенді-кішілігіне байланысты: жырық үлкейген сайын өнімділік арта түседі. Жырықты кеңейту не тарырту бұл ұсатқышта екі әдіспен іске асырылады: 1) артқы кергіш плитаның ұзындауы не қысқарағы қойылады; 2) реттегіш сынаның артқысы арнаулы винтпен көтеріліп не түсірілгенде, алдыңғы сына горизонталь бағытта оңға не солға жылжыйды, онымен бірге кергіш плиталарда жылжып, төменгі жырық кеңіп не тарылады. Ұсатқышқа кенмен бірге ұсатылмайтын темір заттар түссе, оның белгілі бір бөлшегі сынып кетуі мүмкін. Оған жол бермеу үшін артқы кергіш плита әдейі осал етіп жасалады да күш түссе сол сынады. Соның

нәтижесінде қозғалмалы жақ оңға жылжып, жырық кенет үлкейеді де темір зат одан оңай өтеді. Ал сынған кергіш плитаның орнына тез уақытта басқа плита қойылады. Қозғалмалы жақтың еңкіштігі 20^0 -артпау керек. Жақты ұсатқыштардың үлкен-кішілігі олардың кен түсетін жоғарғы қабылдағыш жарығының ұзындығы және көлденеңдігімен сипатталады. Күрделі қозғалысты щекалы ұсатқыштың (6, б-сурет) өзгешелігі сонда қозғалмалы щеканың рөлін шатун атқарады және бір ғана кергіш плита орнатылған. Шатун эксцентриктің әсерімен қозғалғанда оның жоғарғы жағы айналмалы қимыл жасаса, төменгі жағының әр нүктесі эллипсті траекториямен жылжиды. Соның нәтижесінде қозғалмалы жақ (шатун) кен кесектерін тек жаншымай, сонымен бірге жоғарыдан төмен ыса ұсатады. Жақты ұсатқыштардың көлемді өнімділігі төмендегі формуламен сипатталады:

$$Q = 60\pi K \sigma L \frac{(B + B')(B - B')}{2tg \alpha}$$

Мұнда: Q – көлемді өнімділік м³/сағат;
 π – жақтың тербелту саны, мин⁻¹;
 K – қопсу коэффициенті;
 σ – кеннің тығыздығы, т/м³;
 L – қабылдағыш жырықтың ұзындығы, м;
 B – төмендегі жырықтың үлкен ара қашықтығы. м;
 B' – төмендегі жырықтың кіші ара қашықтығы. м;
 α – кабу бұрышы.

Жақты ұсатқыштардың конструкциясы қарапайым. Олардың кемшілігі – кен қабылдау жырығына бірқалыпты түсу керек. Ол үшін ұсатқыш алдына тек бір қалыпты кен түсіргіш (питатель) орнатылады.

Жақтардың бетіне және екі жақ қабырғаға орнатылған футеровкалардың желіну шығыны бір тонна кенге шаққанда 10-100 грамдай. Олар желіну дәрежесі белгілі мөлшерге жеткенде ауыстырылып отырады.

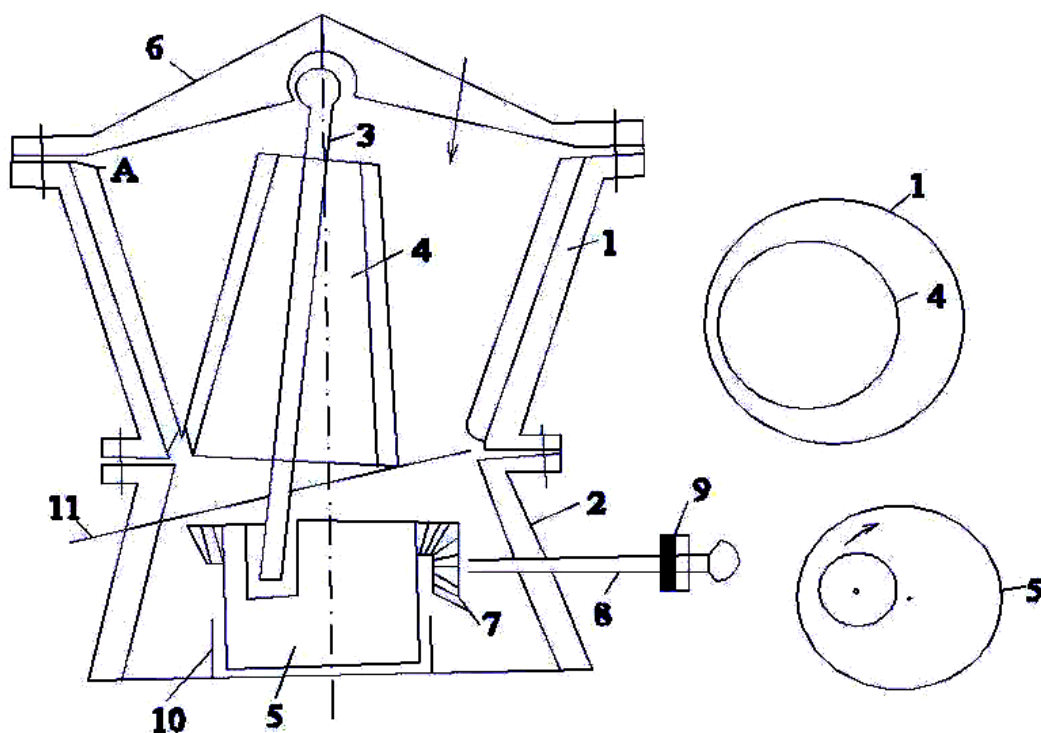
4.4 Конусты ұсатқыштар

Конусты ұсатқыштар конструкция өзгешіліктерімен және ұсатудың қай сатысында қолданылатынына байланысты ірі ұсатуға, орташа ұсатуға және ұсақ ұсатуға қолданылатын конусты ұсатқыштар болып үш түрге бөлінеді. Олардың бәрінде кен екі конусты бет аралығында жаншылу арқылы ұсатылады. Сыртқы конусты бет қозғалыссыз. Ішкі қозғалмалы конус эксцентрично қозғалатын валға орнатылған. Ол тербелістің нәтижесінде әрбір сәтте сыртқы конус бетінің бір нүктесіне жақындап аралықтағы кенді ұсатады. Сол кезде сол нүктеге қарама-қарсы бағыттағы нүктеден барынша алыстайды да, сол тұстан ұсатылған кен төменгі жырықтан шығып жатады. Демек, кен үздіксіз ұсатылып, ұсатылғаны үздіксіз шығарылады. Сондықтан бұл ұсатқыштар ең өнімді ұсатқыштарға жатады.

Ірі ұсататын конусты ұсатқыштың (ККД) корпусы екі бөліктен 1.2 тұрады (7-сурет).

Жоғарғы бөлігі (1) қозғалмайтын конус ролін атқарады, ал төменгі бөлік (2) ішінде эксцентриксті стакан (5) орналасқан. Қиылған қозғалмалы конус (4) валға (3) орнатылған, Валдың жоғарғы басы траверсада (6) жасалған арнаулы ұяға ілінген, ал төменгі басы стаканда эксцентрично ойылған шұңқырға бос енгізілген (шұңқырдың өсі стаканның айналу өсімен дәл келмейді).

Эксцентриксті стакан вкладыш (10) ішінде екі конусты шестерня (7) (біреуі стаканға екіншісі валға (8) бекітілген) арқылы айналады. Ол үшін валдың сыртқы басына электроқозғалтқышпен белбеулер арқылы жалғастырылған шкив (9) орнатылған. Стакан айналғанда ондағы шұңқыр шеңбер жасай орын ауыстырады, ал онымен бірге валдың төменгі басында сол траекториямен жылжиды. Демек, қозғалмалы конустың өсі конусты бет жасай шайқалады. Конустың қиғаш бетімен өсі аралығындағы бұрыш $17-20^{\circ}$.



7-сурет. Ірі ұсатуға қолданылатын конусты ұсатқыштың схемалы көрінісі: 1-конустың жоғары бөлігі; 2-конустың төменгі бөлігі; 3-вал; 4-қозғалмалы конус; 5-эксцентриксті стакан; 6-траверс (крестовина); 7-конусты тісті беріліс; 8-вал; 9-шкив; 10-вкладыш; 11-шығарғыш науа.

Кен екі конус аралығына шеңбер бойымен түседі, ал ұсатылған кен өз салмағымен төмен жылжып төменгі жырықтың ұлғайған жерлерінен шығып қиғаш орналасқан науаға түсіп (11) ұсатқыштың бір жағынан шығарылады. Кенмен тиісетін конус беттері футеровкамен қапталады. Ұсатқыштың ұсату дәрежесі төменгі сахиналы жырықтың ең үлкен қашықтығымен анықталады.

Оны өзгерту үшін вал не жоғары көтеріліп (жырық кішірейеді), не төмен түсіріледі (жырық ұлғайады). Ол үшін валдың ұяға орналасқан басында қуатты гайка бар. Соны кіргізе не шығара бұрау арқылы вал не көтеріліп, не төмен түседі. Ірі ұсатуға қолданылатын конусты ұсатқыштардың ұсату дәрежесі іс жүзінде 3-6 ға тең.

Бұл ұсатқыштардың үлкен-кішілігі екі конус аралығындағы жырықтың ең жоғарғы екі нүкте (А және В) аралығындағы қашықтықпен сипатталады. Кенмен бірге бұл ұсатқышқа ұсатылмайтын зат түссе оның сыну қаупін жоятын арнаулы бөлшек жоқ. Валдың шайқалымды қозғалыс саны аз, соған қарай ағын күшіде аз. Соның нәтижесінде ұсатылмайтын заттың кедергі күші пайда болса ол өзінен өзі тоқтап, электродвигательге тоқ беру тоқтатылады. Бұл ұсатқыштардың редуционды ірі конусты ұсатқыштар деген түрі бар (КРД). Оларда төменгі жырықты реттеу үшін және сыну қаупін жоятын арнаулы гидравликалық жүйе бар. Соның көмегімен вал не көтеріліп, не төмен түсіріледі. Бұл конусты ұсатқыштар жалпы өте күрделі машиналар. Оларды орнату үшін үлкен биіктілік қажет. Үйкелетін бөлшектерді майлау арнаулы қондырғылармен жүргізіледі. Бұлардың артықшылығы біріншіден, өнімділіктері. Екіншіден, кенді оларға бір қалыппен түсірудің қажеті жоқ. Бүкіл екі конус аралығы түгел кенмен толтырылса да еш мүлтіксіз жұмыс істей береді. Болаттан жасалған футеровканың шығыны орташа бір тонна кенге шаққанда 10 г. Ірі ұсататын конусты ұсатқыштардың көлемді өнімділігі төменгі формуламен анықталады:

$$Q = k_i \cdot k_k \cdot k_j \cdot k_w \cdot D^2 \cdot r \cdot n \cdot B, \text{ м}^3/\text{сағат},$$

Мұнда: K_i – коэффициент (0,6–0,7-ге тең);

k_k, k_j, k_w – ірілікті, каттылықты және ылғалдылықты есепке алу коэффициенттері;

D – конус диаметрі, м;

r – эксцентриситет;

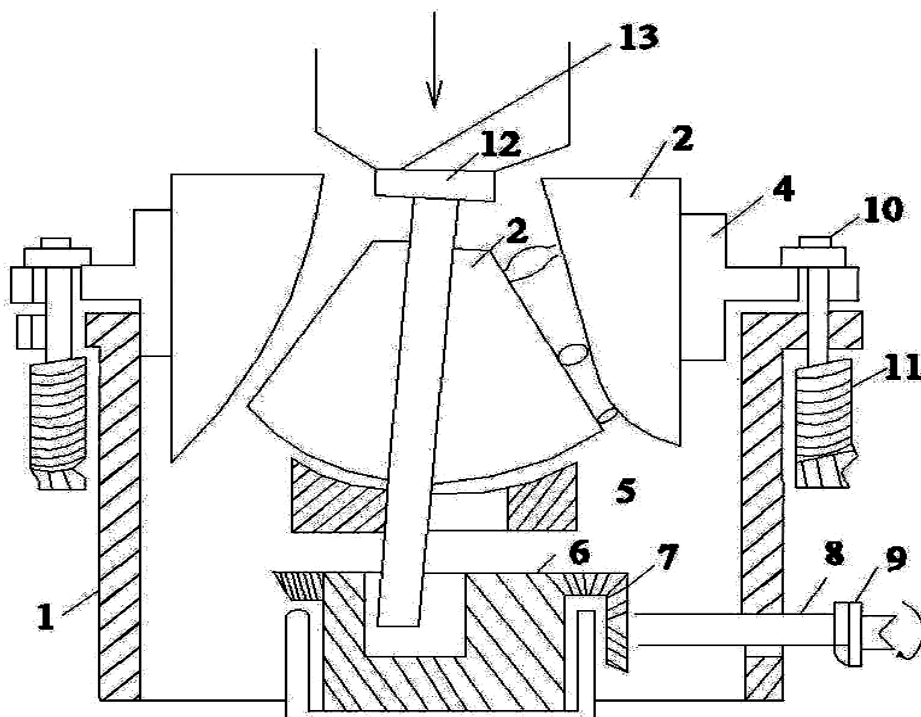
n – шайқалу жиілігі;

B – төменгі шығару жырығының ара қашықтығы.

Орташа (КСД) және ұсақ (КМД) ұсататын конусты ұсатқыштардың конструкцияларында аз ғана айырмашылықтар бар. Оларды ірі ұсататын конусты ұсатқышпен салыстырсақ бірсыпыра өзгешеліктері бар. Мысалы, бұларда қозғалмалы конус басқаша орнаған. Конустардың бет сызықтары бір бағытта еңкіш, еңкіштік бұрышы үлкен және т. б.

Орташа ұсататын конусты ұсатқышта (КСД) (8-сурет) цилиндр пішінді корпуске (1) сақина тәрізді орнатқыш (4) серіппелі (10) болттармен бекітілген. Сақиналы орнатқыш іш қабырғасында резьба бар. Соған резьба арқылы қозғалмайтын конус (2) орнатылған. Қозғалмалы конус (3) валга (12) орнатылған. Оның жоғарғы басына кенді айналдыра шашыратып түсіретін тарелка (12) бекітілген. Қозғалмалы конустың астыңғы беті сфералы пішінді. Ол сол бетімен қозғалмайтын сфералы бетті тіреуге (подшипник 5) бос

қойылған. Вал сол тіреудің ортасындағы тесіктен өтеді. Балдың төменгі басы эксцентрикті стакандағы (6) шұңқырға бос енгізілген. Стакан шестернелер (7) вал (8), шкив (9) арқылы электродвигательмен айналғанда, валдың төменгі басы шеңбер жасай қозғалысқа келеді. Соған орай оның жоғарғы басыда айналмалы түрде шайқалады.



8-сурет. Орташа ұсатуға қолданылатын конусты ұсатқыштың схемалы көрінісі: 1-корпус; 2-қозғалмайтын конус; 3-қозғалмалы конус; 4-сақиналы орнатқыш; 5-сфералы бетті тіреу; 6-эксцентрикті стакан; 7-конусты тісті беріліс; 8-вал; 9-шкив; 10-болт; 11-серіппе; 12-вал; 13-шашыратқыш тарелка.

Ұсатылған кен шығатын жырықты кеңейту не тарылту үшін сақиналы орнатқыш ішінде қозғалмайтын конус айналдырылып не жоғары көтеріліп (жырық кеңиді), не төмен (жырық кішірейді) түсіріледі.

Егер ұсатқышқа ұсатылмайтын зат түссе, оның кедергі күші әсерімен қозғалмайтын конус сақиналы орнатқышпен бірге жоғары көтеріледі. Себебі оларды конуспен жалғастыратын болттарға (10) серіппелер енгізілген. Бұл ұсатқыштың ұсату дәрежесі 4-6-ға тең.

Ұсақ ұсататын конусты ұсатқыштардың (КМД) ерекшелігі сол екі конустың бет жасау сызықтары параллельге жуық. Ұсатқыш дәрежелері 4-6-ға тең. КСД және КМД ұсатқыштардың көлемді өнімділігін анықтайтын формула:

$$Q = k_0 \cdot n \cdot B \cdot D^2, \text{ м}^3/\text{сағат.}$$

мұнда: K_0 – пропорционалды коэффициенті;

n – шайқалу жиілігі, мин;

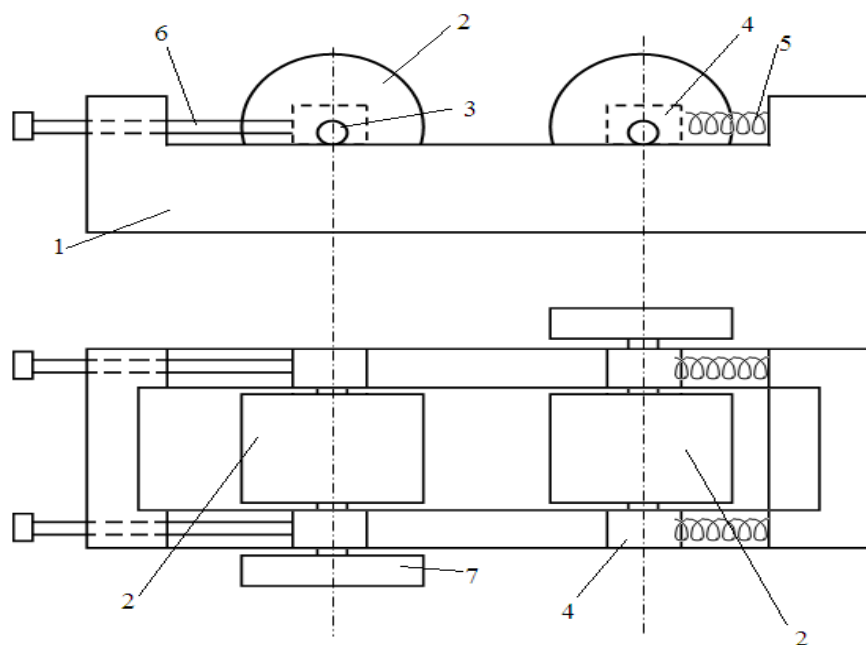
D – конустың түпкі диаметрі, м;

B – шығару жырығының ара қашықтығы, м.

Бұл ұсатқыштардың құрылысы өте күрделі. Үйкеліс беттерін майлау автоматты қондырғылар арқылы жүргізіледі. Өнімділіктеріне байланысты конусты ұсатқыштар іс жүзінде кең таралған.

4.5 Валкалы ұсатқыштар

Валкалы ұсатқыштарда кен біріне-бірі қарсы айналатын, параллель орнатылған екі валоктың ортасына түсіріледі де, жаншылып ұсатылады. Жалпы олардың бір валокты және төрт валокты түрлері де бар. Олар тегіс бетті (ВДГ) және тісті не бұдыр бетті (ВДЗ) валкты ұсатқыштар болып бөлінеді. Конструкцияларында басқа өзгешіліктер жоқ. Валкалы ұсатқыштардың өнімділігі жоғары емес. Соған байланысты, олар аз өнімді байыту фабрикаларында ғана қолданылады. Тегіс бетті ұсатқыштар орташа және ұсақ ұсату сатыларында қатты кен түрлерін ұсатуға қолданылса, тісті және бұдыр бетті ұсатқыштар көбінде көмір, кокс антрацит сияқты жұмсақ және морт қазындыларды ұсатуға қолданылады. Ұсату дәрежелері 3-6-ға тең, кейде 10-ға дейін (тісті бетті ұсатқыштарда) жетеді.



9 – сурет. Тегіс бетті екі валкалы ұсатқыштың схемалы көрінісі

1 – корпус; 2 – валок; 3 – вал; 4 – подшипник корпустары;
5 – серіппе; 6 – винт; 7 – шкив.

Ұсатқыштардың корпусы төрт бұрышты пішінді 1, (9-сурет). Корпустың екі ұзын қабырғасына көлденең параллель екі вал (3) және валоктар (2) орнатылған. Әр валдың бір басына электродвигательдер мен белбеулер арқылы жалғасқан шкивтер (7) орнатылған. Бұл ұсатқыштардың

конструкциясындағы бір ерекшелік – валдарды ұстап тұрған подшипниктер корпустары (4) кабырғалар үстіндегі бағыттаушылардың бойымен қажеті болса арлы-берлі жылжи алады. Кен ұсату кезінде подшипниктер корпустары қозғалмай бір орында тұрады, яғни екі валоктың арасындағы қашықтық өзгермей қалады.

Егер ұсатқышқа ұсатылмайтын зат түссе, оның кедергі күші әсерінен бір валок (суретте оң жақта орналасқан) подшипник корпусымен ұсатқыш корпусы арасына орналасқан серіппені (5) қысып оңға жылжиды да, жарық ұлғаяды. Соның нәтижесінде ұсатылмайтын кесек жырықтан өтіп кетеді. Содан кейін серіппе серпіліп орнына келіп валокты өз орнына жылжытады. Валоктардың арақашықтығын екінші валды ұстап тұрған подшипниктердің корпусын арнаулы винттер (6) арқылы арлы-берлі жылжыту нәтижесінде өзгертуге болады. Не болмаса екі подшипник корпустарының арасына қалың-жұқа пластинкалар қоюмен өзгертіледі. Кен кесектерін валоктар қауып қысып әкету үшін валоктардың диаметрі ең ірі кесектердің диаметрінен кемінде 20 есе үлкен болуы қажет. Валоктардың беттері желінуден қатты болаттан жасалған бандаждармен қаптау нәтижесінде сақталынады. Бұл ұсатқыштар конструкциясы қарапайым, жұмысы оңай реттеледі. Валкты ұсатқыштардың өнімділігін анықтайтын формула:

$$Q = 60 \cdot \pi \cdot n \cdot L \cdot B \cdot \theta \cdot b \cdot D \text{ т/сағат}$$

Мұнда n – бір минуттағы айналу саны;

D – валоктың диаметрі, м;

L – валоктың ұзындығы, м;

B – валоктың арақашықтығы, м;

θ – ұсатылған кеннің қопсу коэффициенті (0, 24-0, 4);

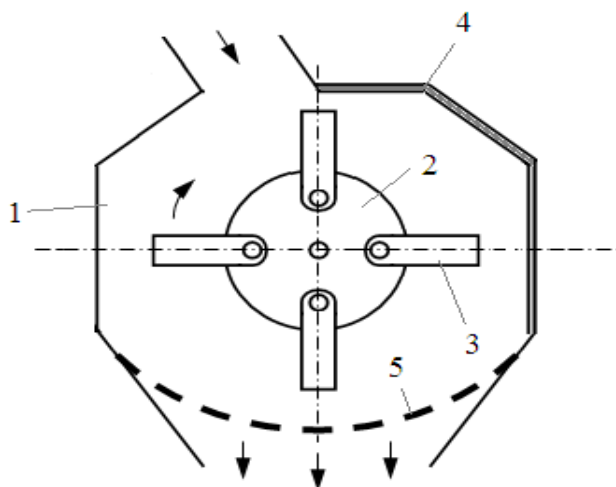
b – үйінді тығыздығы, т/м³.

4.6 Соққыш әрекетті ұсатқыштар

Соққыш әрекетті ұсатқыштарда кен кесектері жылдам айналып қозғалатын денелердің кинетикалық дене күшімен ұсатылады. Олар негізінде жұмсақ, тез жарылатын көмір, известняк, асбест тағы сол сияқты қазындыларды орташа және ұсақ ұсату сатыларында қолданылады. Конструкциялық өзгешеліктеріне қарай олар *балғалы*, *роторлы* және *білікті* (дезинтеграторлар) ұсатқыштарға бөлінеді. Балғалы және ротор ұсатқыштардың конструкциялық негізі бір. Балғалы ұсатқыштарда кен айналмалы роторға шарнирлі (яғни қозғалмалы) орнатылған балғалардың соғуымен ұсатылса, роторлы ұсатқыштарда кен роторға тұтастыра қозғалыссыз орнатылған денелердің соғуымен ұсатылады. 10-суретте *бір роторлы балғалы* ұсатқыштың схемалық көрінісі келтірілген.

Корпус (1) ішіндегі валға ротор (2) орнатылған. Роторға балғалар (3) шарнирлі бекітілген. Яғни, әр қайсысы бекіту өсінде айнала қозғала алады.

Ротор үлкен жылдамдықпен айналғанда ортадан серпінді күштің әсерімен балғалар радиус бағытына сәйкес орналасады.



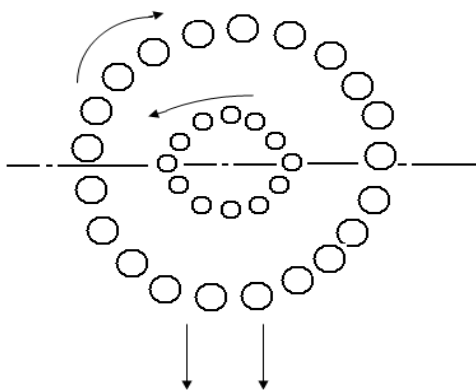
10 – сурет. Соққыш әрекетті балғалы ұсатқыштың схемалы көрінісі:

1 – корпус; 2 – ротор; 3 – балға; 4 – плита; 5 – колосникті ролик.

Кен кесектері балғалардың соғу әрекетінен ыршып қарсы бетте орналасқан плиталарға (4) қатты соғылып жарыла ұсатылады. Ұсатылған кен төмен құлап шеңбер жасай орналасқан колосникті торға (5) түседі. Одан ұсақтығы жеткен кен өтіп кетеді де, ірілері тағыда балғалардың соққысына түседі. Ұсатқыштың ұсату дәрежесі тор құратын колосниктердің ара қашықтықтарын өзгерту арқылы реттеледі. Жалпы олардың ұсату дәрежесі 30-ға дейін жетеді. Ротор валда бір-біріне параллель орналасқан бірнеше дискалардан тұрады. әр дискаға (4) валға орнатылған. Әр балғаның салмағы 3,5 килограмнан 180 килограмға дейін өзгереді. Балғалы ұсатқыштар бір роторлы және екі роторлы түрде жасалады. *Роторлы ұсатқыштардың* бағалылардан айырмашылығы сол – балға орнына роторға қозғалмайтын соққыштар орнатылғанда, соларға тиіп ыршыған кесектер плитаға ғана созылмай, одан біраз төменірек орнатылған колосникті роторға соғылып, ұсақтары одан өтіп шығады. Демек, колосникті тор ротордың астыңғы жағына емес оң жақ қабырға тұсына орналасқан. Роторлы ұсатқыштарда кен кесектерін соғу күші молырақ, себебі ортадан серпін күш энергиясына соққыш денелермен бірге бүтін ротордың массасы әсерін тигізіп күшейтеді. *Білікті ұсатқыштар* екі цилиндрлі ротордан тұрады. Олардың схемалық көрінісі 11– суретте көрсетілген.

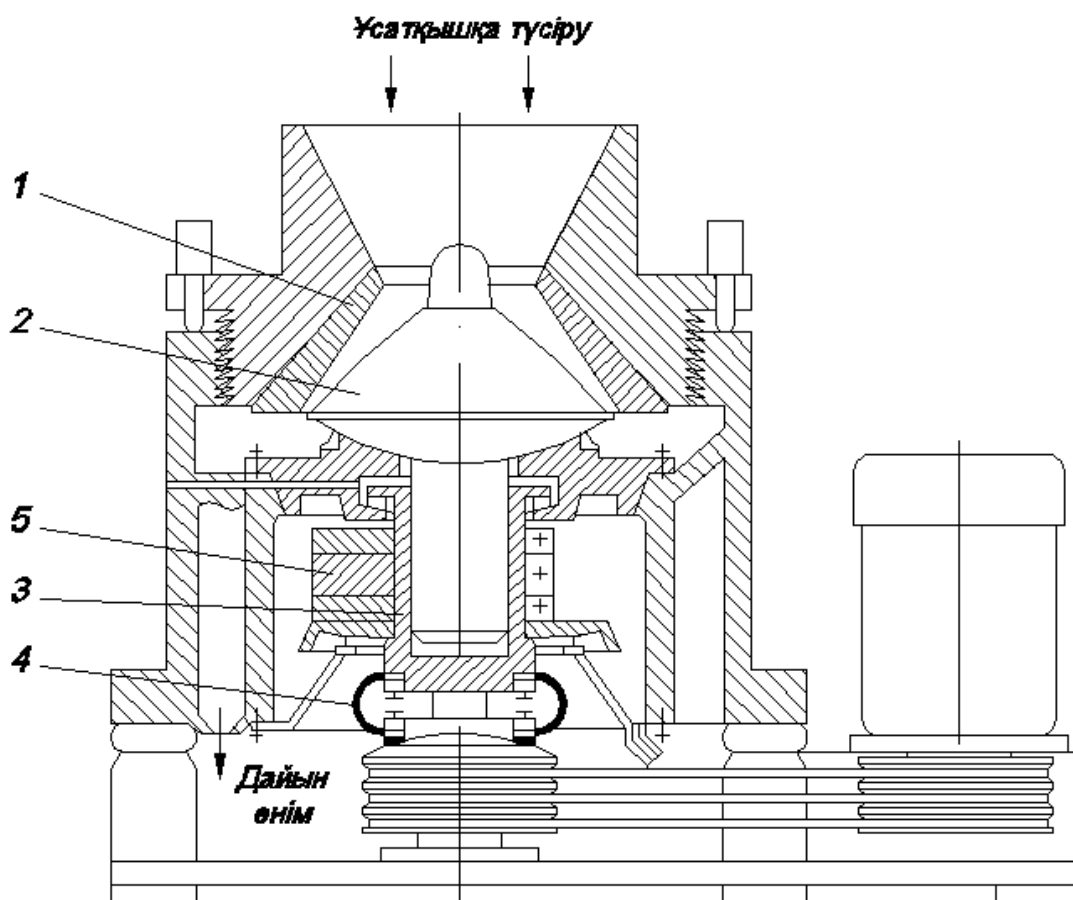
Әр ротор екі дөңгелек дисканы кере шеңбер жасай орналасқан біліктерден тұрады. Екі ротордың диаметрі әртүрлі: кіші диаметрлі ротор үлкен диаметрлі ротор ішіне орналасқан. Екі ротор қарама-қарсы бағытта айналады. Роторлар жабық цилиндрлі корпус ішіне орналасқан. Кен ішкі ротордың ішіне түсіріледі де біліктердің соғуымен ұсатылады. Ұсатылған кен сыртқы ротор біліктері арасынан шығып төмен түседі.

11 – сурет. Екі роторлы ұсатқыштарда біліктердің орналасу схемасы



4.7 Конусты екпінді (инерционды) ұсатқыштар (КЕҰ). Конструкциялары және негізгі ерекшеліктері

Екпінді ұсатқыштар (КЕҰ) ұсақ ұсататын конусты ұсатқыштардың жетілдірілген түрлері. Олардың негізгі ерекшелігі сол, эксцентрик теңгерілмеген типті дірілді қозғалтқышпен ауыстырылған. Өндірісте қолданылатын бұл ұсатқыштың конструкциясының бір түрінің принципалды схемасы 12 – суретте келтірілген.



12 – сурет. Екпінді ұсатқыш

Ұсатқыш сыртқы (1) және ішкі (2) ұсатқыш конустардан тұрады. Екі конустың беттері болат қорғағыштармен (футеровка) қапталған. Ішкі

қозғалмалы конус валына (3) подшипник арқылы теңгерілмеген дірілдеткіш (5) орнатылған. Ол солқылдақ трансмиссия (4) арқылы қозғалысқа келеді. Теңгерілмеген дірілдеткіш айналғанда ортадан тепкіш күш пайда болады. Ол күш егер камерада ұсатылатын материал жоқ болса да, не болмаса материал қабаты арқылы ішкі конустың сырт конус бетінде қозғалта бастайды. Ішкі конустың айналдыра не аздап жоғары төмен қозғалуына мүмкіндік беретін жай машинада ішкі конустың қозғалу амплитудасын шектейтін кинематикалық тежегіш жоқ.

Бұл ұсатқыш түріне бірінші патент АҚШ-та 1925 жылы алынсада, іс жүзінде тек 1981ж Жапонияда игерілген. Кеңес үкіметінде экспериментальды данасын зерттеу Механобрда 1948 жылы басталған. Қазіргі кезде әртүрлі өндіріс салаларында өнімділіктері 1-350 т/сағ ұсатқыштар қолданыс тапты. Ірі ұсатқыштар (КИД-1750 және КИД-2200) тау-кен байыту салаларында жұмыс істейді. Олар "Уралмашта" шығарылады.

Конусты екпінді ұсатқыштардың (КЕҰ) басты ерекшелігі – конустар арасындағы қозғалыссыз кинематикалық байланыс жоқтығы. Соның нәтижесінде ішкі конустың сыртқы конус ішінде материал жоқта тіпті эллиптикалық орбитада да саңлаусыз қозғалады. Жұмыс кезінде ішкі қозғалмалы конус ұсатылатын материалдың кедергісінің біркелкі еместігіне байланысты өзінің амплитудасын өзгерте алады. Сонымен, КЕҰ-та эксцентрикті ұсатқыштардағы сыяқты шығару саңлауы (жырығы) жоқ, оның орнына конустардың осьтерін біріктергенде олардың арасында пайда болатын диаметр бойындағы сақиналы саңлаудың размері қабылданған.

КЕҰ-тың КМД мен салыстырғандағы екінші ерекшелігі ұсату күшінің сипатының айырмашылығы. Эксцентрикті ұсатқышта ұсату күші ұсатылатын материалдың қаттылығына және ұсату кеңістігінің кенмен толтырылу дәрежесіне тәуелді. Материал (кен) түспеген кезде ұсату күші нольге тең КЕҰ-та ұсату күші теңгерілмеген жүктің ортадан тепкіш күшімен және ішкі конустың гирационды қозғалысынан тұрады. Ұсату күші конустардың саңлаусыз қозғалысы нәтижесінде кен түспегендеде сақталады. Демек, КЕҰ-тар үшін жұмыссыз қозғалыс деген ұғым жоқ.

Келтірілген ерекшеліктері және КЕҰ-тың ірге таста солқылдақ орнатылуы ішкі конустың шайқалуының санын екі есеге жоғарылатуға мүмкіндік береді. КЕҰ-тың негізгі артықшылығы сол – ұсату дәрежесі 16-ға жетеді.

Екпінді ұсатқыштардың қарапайым конуструкцияларын жасау мүмкіндіктерін қарастыру жолында әртүрлі принципті моделдері табылып жасалды. Оларға жататындар дірілді конусты ұсатқыштар.

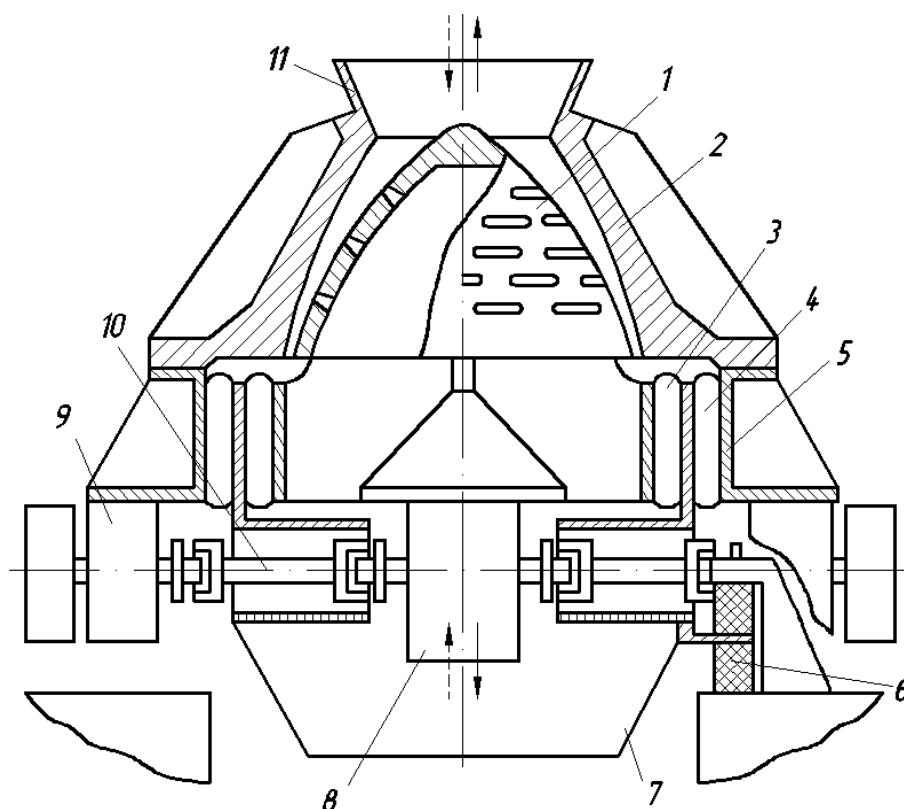
4.8 Дірілді конусты ұсатқыштар

Дірілді ұсатқышта конуспен және корпусе орналақан сыртқы дірілдеткішпен қозғалыссыз бекітілген ішкі дірілдеткішпен ұсатқыш конустардың қарама-қарсы тік бағытта шайқалу қозғалысын қамтамасыз етеді (13 – сурет).

Сыртқы және ішкі дірілдеткіштер ұсатқыш конустардың қарма-қарсы шайқалуына әкеледі. Ұсақ фракция қосымша ұсату камерасынан ішкі конустың арнаулы тесігінен шығарылады. Соның нәтижесінде артық ұнтақталу орын алмайды.

Ұсатқыштың техникалық сипаттамасы:

Өнімділігі, т/сағ.	4,5 дейін
Ұсату дәрежесі	15 дейін
Шығару жырығы, мм	5
Конустардың шайқалу жиілігі	25 дейін
Электрқозғалтқыштың қуаты, кВт	11
Ұсатқыш массасы, т	1,5



13 –Сурет. Дірілді конусты ұсатқыш

1–ішкі ұсатқыш конус; 2 – сыртқы конус; 3,4 – солқылдақ бөлшектер; 5 – корпус; 6 – тірегіш аморфты-заторлар; 7 – ойықты шығарғыш; 9 – сыртқы дірілдеткіш; 10 – кардан; 11 – түсіргіш ойық.

4. 9 Дірілді жақты ұсатқыштар

Эксцентрикті қозғалтқышты жақты ұсатқыштар 130 жылдай бұрын пайда болған. Олар қазіргі уақытқа дейін ұсату-ұнтақтау машиналарға қойылатын кейбір талаптарға сай болып келеді. Бірақ конструкциялық жағынан ұсату процесіне революциялық сапалы өзгеріс енгізілген жоқ. Осындай ұсатқыштарға екпінді қозғалтқышы бар дірілді жақты ұсатқыштар жатады. Олардың жылдамдық режимдері қазіргі эксцентрикті қозғалтқышты

жақты ұсатқыштардан көп жоғары және ұсату дәрежесін 2-3 рет не оданда жоғары өсіруге, энергия шығынын төмендетуге, артық жүктен сенімді қорғауға қамтамасыз ету және материалдың ұсату камерасынан тез өтуіне мүмкіндік береді.

Дірілді жақты ұсатқыштардың артықшылығы – жүйенің динамикалық тұрақтылығы. Соның нәтижесінде тез реттелетін, жеңілдетілген ауыр салмақты емес конструкциялар жасауға мүмкіншіліктер туады.

Дірілді жақты ұсатқыштарда екпінді қозғалтқыштар қолданылады. Соның нәтижесінде олардың ұсату аймағында шексіз күш туғызу мүмкіндігі туады. Ол күш тек машинаның мықтылығымен шектеледі. Үлкен шайқалу жиілігі (100-1500 мин⁻¹ не одан көп) материалға жақтың тигізетін әрекетін ділірді әсерден бағалауға болады. Сол сияқты, кинематикалық қозғалысты ұсатқышта материалға әрекет негізінен статикалық (бір қалыпта) сипатта болса, екпінділерде күш әрекеті материалға біртіндеп өсіп, жоғарғы мәнге жетеді, демек бұл әсерді соғу әрекетімен салыстыруға болады.

Келтірілген ерешеліктер екпінді қозғалысты ұсатқыштарды ең қатты тау жыныстарына тиімді қолдануға болады.

Екпінді қозғалтқыш кинематикалықпен салыстырғанда машинаның конструкциясын қозғалтқыш дірілдеткіштердің өзіндік синхронизациялану құбылысын пайдалану арқылы ұтымды қарапайымдауға мүмкіндік береді. Соның нәтижесінде машинаның массасы және габариты азаяды, жөндеу және пайдалану жеңілдейді. Олардың маңызды артықшылығы автоматтандырылған жүйелерде қолдану және артық жүк түскенде де жұмысы тоқтауы. Екпінді ұсатқыштардай олардыда ұсатқыш зонасы материалға толы болғанда да жұмысқа қосуға не тоқтатуға болады, ұсатылмайтын дене түссе де машина қирамайды. Оған себеп болатын жай шайқалу кинематикалық емес, динамикалық жолмен орындалады және тек ұсатқыштың екпінді параметрлеріне ғана тәуелді.

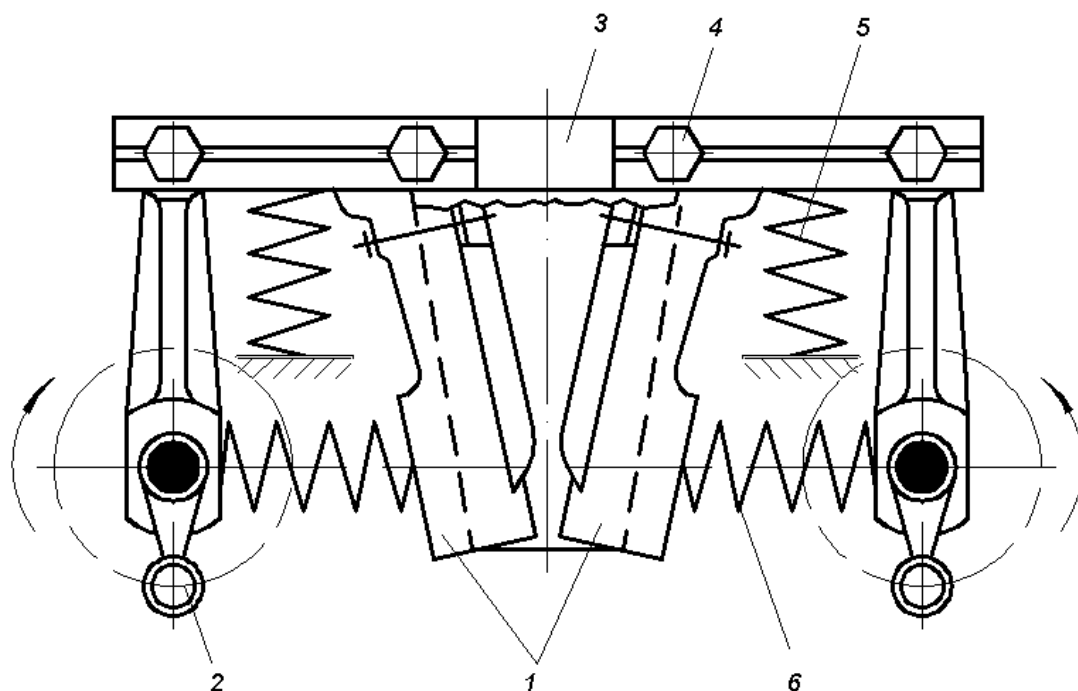
Соққыш-дірілді ұсатқыштар динамикалық тұрақты. Сондықтан оларға ірге тастың қажеті жоқ, этаж аралықтарында және эстакадаларда да орнатуға болады.

Бұл соққыш жақты ұсатқыштардың тағы бір ерешеліктері (балғалы және роторлы ұсатқыштармен салыстырғанда) соғу бос құлаған кесекке емес, екі ұсатқыш жақтың арасында не машинаның ауыр корпусында жатқан кесекке тиеді. Әрине, дірілді жақты ұсатқыштарда соғу күші жоғарырақ болады.

Қазіргі кезде белгілі дірілді ұсатқыштардың конструктивті сұлбаларын 5 типке бөлуге болады:

- бір қозғалмалы жақты екпінді ұсатқыштар;
- екі қозғалмалы жақты дірілді жақты ұсатқыштар;
- ауыр корпусты және маякникті дірілді жақты ұсатқыштар;
- дірілдеткіші корпуста орналасқан жақты ұсатқыштар;
- толқынды дірілді жақты ұсатқыштар.

14 – суретте екі қозғалмалы жақты дірілді жақты ұсатқыштың сұлбасы келтірілген.



14 – сурет. Екі қозғалмалы жақты дірілді жақты ұсатқыш

1 – қозғалмалы жақтар; 2 – теңгерілмеген дірілдеткіштер; 3 – рама; 4 – солқылдақ ілгіштер; 5 – амортизаторлар; 6 – солқылдақ бөлшектері.

Екі қозғалмалы жақты ұсатқыштардың екі түрі белгілі:

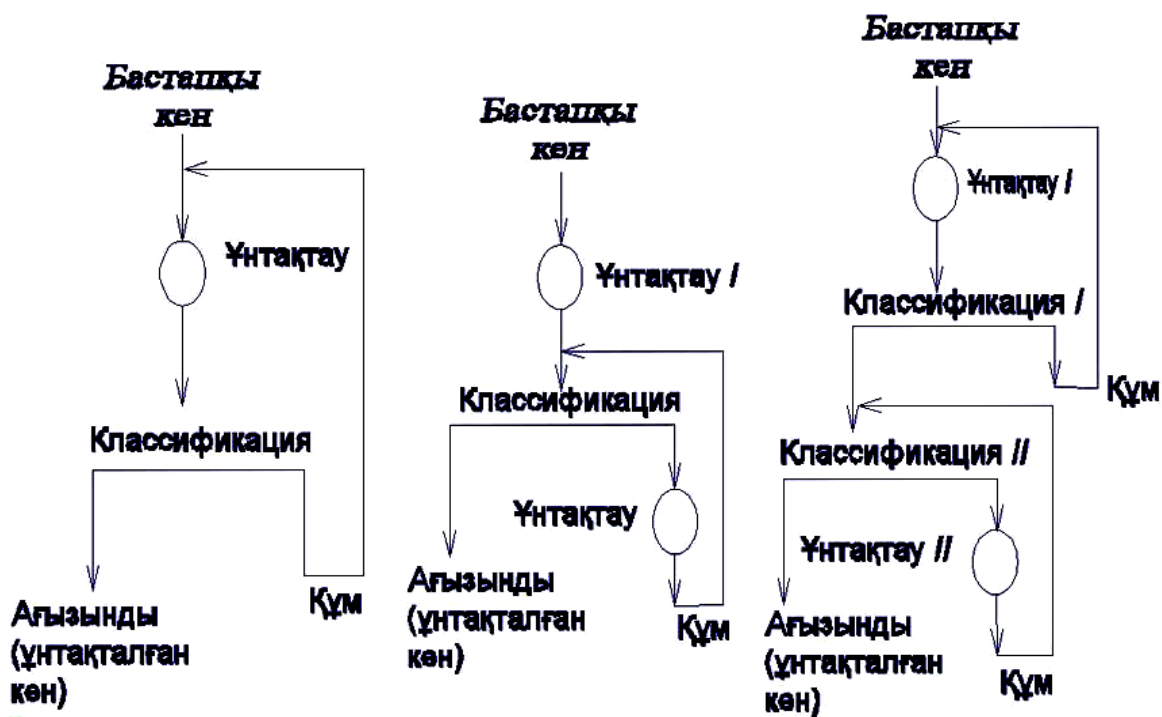
- айналмалы шайқалысты жақты ұсатқыштар;
- түзу шайқалымды жақты ұсатқыштар.

Бірінші типке ОАО "Механобр-техника" да жасалынған айналмалы шайқалысты жақты ұсатқыш жатады. Оның ерекшелігі сонда қозғалмалы жақтың жоғарғы шеті ілінетін қондырғысы бар. Екі қозғалмалы жақтар (1) теңгерілмеген дірілдеткіштер (2) арқылы шайқалмалы қозғалысқа келтіріледі. Қозғалмалы жақтар солқылдақ ілгіштерге (4) орнатылған рамаға (3) бекітілген. Теңгерілмеген дірілдеткіштер жақтармен солқылдақ элементтермен байланыстырылған. Ұсатқыш амортизаторлар (5) арқылы қозғалмайтын тіреуіштерге орнатылған. Жақтар жұмыс кезінде алға және төмен жылжиды, демек күрделі қозғалыс жасайды. Соның нәтижесінде ұсатылған материалдың шығару жырығына жылжуы тездетіледі.

4.10 Ұнтақтау процестері

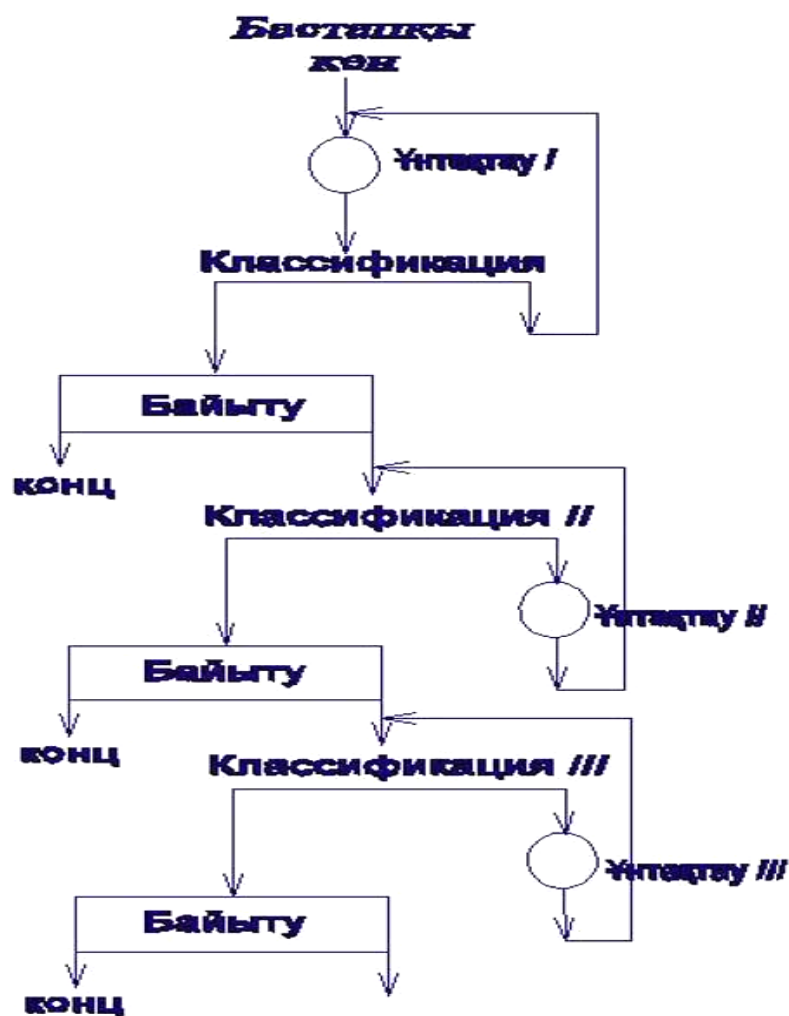
Ұсақ және сеппелі кендер байытылғанда ұсату процестерінен кейін ұнтақтау процестері жүргізіледі. Байыту процестерінің тиімділігі ұнтақтау процесінің нәтижесімен тығыз байланысты. Әсіресе кеннің бір мөлшерден тыс майдаланып ұнтақталуы өте зиянды. Сондықтан ұнтақтау процесі көбінде екі, не үш сатылы жүргізіледі. Ұнтақтау дәрежесі, әдетте, ұнтақталған зат ішіндегі диаметрі 0,074 мм-ден кіші кластың проценттік үлесімен анықталады. Шартты түрде, ол кластың үлесі 40-60 %-тен аспаса ірі ұнтақтау, 60-80 %- мөлшерінде болса, ұсақ ұнтақтау, ал 80 %-тен жоғары

болса, өте майда ұнтақтау болып саналады. Кенді қандай ұнтақтыққа жеткізе ұнтақтаудың қажеттілігі бағалы минерал түйіршіктерінің диаметріне (яғни, сеппелік дәрежесіне) байланысты. Кенді қажетсіз өте майдаламас үшін ұнтақтау процесі кезінде одан ұнтақтығы жеткен бөлігін үздіксіз бөліп алу қажет. Осыған байланысты ұнтақтау аппаратынан шыққан зат көбінде классификациялау процесіне түседі. Соның нәтижесінде кеннің ұнтақтылығы жеткен бөлігі бөлініп, ал жетіспеген бөлігі ұнтақтау процесіне қайта қайтарылады. Ұнтақтау процесі, соған сәйкес классификациялауда негізінде су ішінде жүргізіледі. Классификациялау процесінде екі өнім алынады: ұнтақтығы жеткен бөлік түрінде шыққан өнім *ағызынды* деп, ал ұнтақтығы жетіспеген бөлік *құм* деп аталады. Құм қайтадан диірменге қайтарылса ұнтақтау *тұйық циклде*, ал сол диірменге қайтарылмаса *ашық циклде* жүргізіледі. Ашық цикл әдетте ұнтақтаудың тек бірінші сатысында ғана қолданылуы мүмкін. Іс жүзінде жиі қолданылатын ұнтақтау схемалары 15-суретте келтірілген. Бір сатылы ұнтақтау кендегі бағалы минерал түйіршіктерінің сеппелілігі (яғни, диаметрлері) біркелкіге жақын және ірілеу болса қолданылады. Ал сеппелілік тым үлкен шекте өзгертін болса, сатылы ұнтақтаудың тиімділігі арта түседі. Мұндай жағдайда іс жүзінде ұнтақтаудың әр сатысынан кейін байыту процестері жүргізіліп отырады. Соған сәйкес схема *сатылы байыту схемасы* деп аталады. 16-суретте үш сатылы байыту схемасының қысқа түрі келтірілген.



15-сурет. Ұнтақтау схемалары

Ұнтақтауды тұйық циклде жүргізгенде диірменнің өнімділігі және процестің тиімділігі оған қайта айналып түсетін құмның массасына тәуелді. Оны *айналмалы жүк* деп атайды.



16–сурет. Үш сатылы байыту схемасының қысқа түрі

Оның массасы диірменге түсетін бастапқы кен массасынан бірден бес есеге дейін (100-500%) артық болуы мүмкін. орташа 150-300% -ке тең. Айналмалы жүктің мөлшерін анықтайтын формула:

$$C = (\beta_3 - \beta_2) / (\beta_2 - \beta_1) \cdot 100\%$$

Мұнда β_3 , β_2 және β_1 ағызындыдағы, диірменнен шыққан өнімдегі және құмдағы -0.074+0 мм кластың проценттік үлестері.

Диірменде кен әртүрлі әрекеттердің әсерімен ұнтақталады. Кен байыту фабрикаларында көп тараған әдістерге шарлармен, біліктермен, кеннен бөлінген белгілі бір ірілік класпен және кен кесектерінің өзін-өзі ұнтақтау жатады. Ұнтақтаудың басқа белгілі принциптері қазіргі кезде байыту фабрикаларында қолданылмайтындығына байланысты бұл оқулықта қаралмайды. Диірмендердің қазіргі кезде көптеген конструкциялары белгілі. Солардың ішінде байыту фабрикаларында көп тарағаны барабанды диірмендер.

4.11 Барабанды диірмендер

Барабанды диірмендер оларда қолданылатын ұнтақтаушы денелердің түріне қарай шарлы, білікті, галькалы және кеннің өзін-өзі ұнтақтайтын диірмендер болып бөлінеді. Олардың әр қайсысының конструкциялық ерекшеліктері бар. Шарлы диірмендердің барабан диаметрлері ұзындығына тең не үлкенірек болады. Білікті диірмендердің барабандарының ұзындығы диаметрлерінен 1,5-3 есе үлкен. Галькалы диірмендер шарлы диірмендерге ұқсас, Кен өзін-өзі ұнтақтайтын диірмендердің барабан диаметрі ұзындығынан 3 еседен аса үлкен. Білікті диірмендер кенді ірі және біркелкі ұнтақтауға қолданылады. Олар көбінде бір сатылы ірі ұнтақтауға қолданылады. Шарлы диірмендер ұнтақты орталықтан шығару және тор арқылы шығару диірмендері болып екі типке бөлінеді. Соңғы тип ұнтақтаудың бірінші және екінші сатысында қолданылады, ал орталықтан шығару диірмендері екінші не үшінші ұнтақтау сатыларында қолданылады.

Галькалы диірмендер бұрын ұнтақталған, бірақ ұнтақтығы жетпеген, байыту процестерінен алынған кейбір өнімдердің ұнтақтылығын белгілі бір мөлшерге жеткізу үшін қолданылады.

Кеннің өзін-өзі ұнтақтайтын диірмендердің ерекшеліктері сонда оларға кен бірден ірі ұсату сатысынан кейін түседі, яғни оларда орташа, ұсақ ұсату және ұнтақтау процестері бір жүргізіледі.

Ұнтақтау процесі негізінде сулы ортада жүргізіледі. Су процесінің өнімділігіне көп әсер етеді. Сондықтан диірменге түсетін қатты затпен судың ара қатынасы бір белгілі мөлшерде болуы керек. Су көбейген сайын заттың диірмен арқылы өту жылдамдығы артып оның массалық өнімділігі өседі. Бірақ заттың ұнтақталуы төмендейді. Ал, керісінше, су азайса массалы өнімділігі азайып, ұнтақталуы артады. Бірақ кен аса майдаланып кетеді. Орташа есеппен алғанда қатты зат салмағымен су салмағының ара қатынасы 3:1-ге тең. Яғни, қатты зат үлесі 75 %-ке тең. Қатты кен ұнтақтағанда суды азайту керек те, жұмсақ кен ұнтақтағанда су көбейтілуі керек. Ұнтақтау процесіне өте әсер ететін фактор диірменнің айналу саны. Кен негізінде шарлардың, біліктердің не кен кесектерінің биіктен құлап соғылуымен ұнтақталады. Олар неғұрлым биіктен құласа, соғұрлым олардың соғу күші артады. Ал олардың құлау биіктігі айналу жылдамдығымен анықталады. Бірақ айналу жылдамдығы белгілі мөлшерден артса ортадан тепкіш күш ауырлық күштен басым түсіп, шарлар (біліктер, кесектер) барабанның ішкі бетіне жабысып онымен бірге айнала бастайды. Осындай айналу санын аумалы **айналу саны** деп атайды. Оны анықтайтын формула:

$$n = 30/R = 42,3/D$$

Мұнда R және D барабанның радиусы және диаметрі, м.

Сондықтан тиімді айналу саны одан аз болуы керек. Әдетте ол аумалы айналу санының 70-80 %-не тең. Қатты кен ұнтақталғанда айналу саны

көбірек, ал жұмсақ кен ұнтақталғанда азырақ болуы керек. Барабанды диірмендердің нақтылы өнімділігі диірменнен, мысалы бір сағатта өтіп шығатын кеннің жалпы массасы емес, сол уақытта ұнтақ ішінде пайда болатын $-0.074+0$ мм кластың массасымен бағаланады. Соған орай массалы өнімділігі төмендегідей формуламен анықталады:

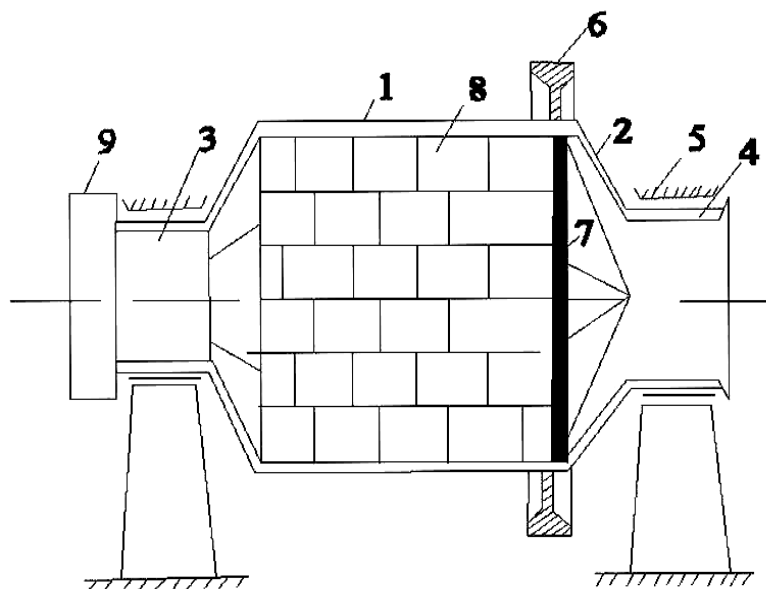
$$Q = g \cdot v \cdot (\beta_k - \beta_u) \text{ т/сағат.}$$

Мұнда g – $-0,074+0$ мм кластың пайда болуын анықтайтын үлесті өнімділік. т/м³ сағат;

V – диірменнің ішкі көлемі, м³;

β_k және β_u – $0,074 + 0$ кластық диірменге түсетін және одан шығатын зат ішіндегі үлестері.

Ұнтақты тор арқылы шығаратын шарлы диірмендер (МШР. 17-сурет) цилиндрлі барабаннан (1) тұрады. Оның екі жағына кен түсірілетін (3) және шығарылатын (4) қуыс цапфалармен бірге құйылып жасалған екі қақпақ (2) болттар мен бекітілген. Барабан цапфалармен бетонды тірегіштерге орнатылған сырғымалы подшипниктерде (5) айналады. Ол үшін барабанның бір шетіне тісті венец (6) орнатылған. Сол арқылы тісті шестернямен жалғасып электродвигательмен айналдырылады. Диірменнің шығару шетіне жақын тор (7) орнатылған. Оның орта тұсы тұтас, ал айналдыра шетінде бір не екі қатар тесіктер бар. Сулы ұнтақ сол тесіктер арқылы өтіп тормен қақпақ аралығындағы қырлармен бөлінген камераларға түседі.



17–сурет. Ұнтақты тор арқылы шығаратын диірменнің схемалы керінісі:

1–цилиндрлі барабан; 2–қақпақ; 3–кен түсірілетін қуыс цафпа; 4–кен шығарылатын қуыс цафпа; 5–сырғымалы подшипник; 6–тісті венец; 7–тор; 8–футеровкалар; 9–кен түсіргіш.

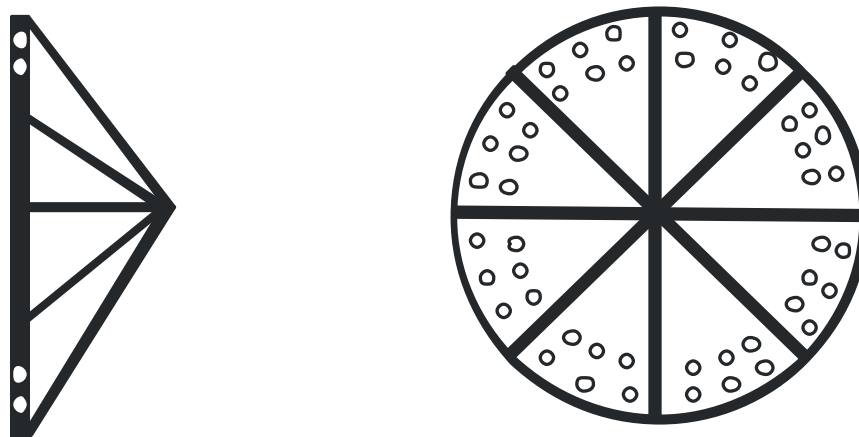
Солардың ішінде көтеріліп белгілі бір деңгейге жеткенде төмен ағып, шығарушы цаппаға түсіп диірменнен шығады. Ұнтақтың осылай шығуы заттың диірмен арқылы өту жылдамдығын өсіріп, массалы өнімділігін көбейтеді. Екіншіден, заттық тым майдалануы азаяды.

Кен диірменге арнаулы түсіргіш (9) арқылы жіберіледі. Барабанның және қақпақтың ішкі беттері мұжылмас үшін арнаулы футеровкалармен қапталынады. Олар барабанға және қақпаққа болттармен бекітіледі. Диірменге салынатын шарлардың диаметрі 30-120 мм-ге тең. Олардың жалпы көлемі диірмен көлемінің 40-45 %-не тең.

Ұнтақталған затты *орталықтан шығаратын диірменде* (МШЦ) тор жоқ. Сулы ұнтақ диірменнің шығарушы цаппасынан асып төгілуі арқылы шығады.

Білікті диірмендерде (МСЦ) сулы ұнтақ тек цаппадан асып төгілу арқылы шығады. Кен барабан ішінде салынған ұзындықтары барабан ұзындығына жақын, диаметрлері орташа 50-100 мм-дей болат біліктермен ұнтақталады.

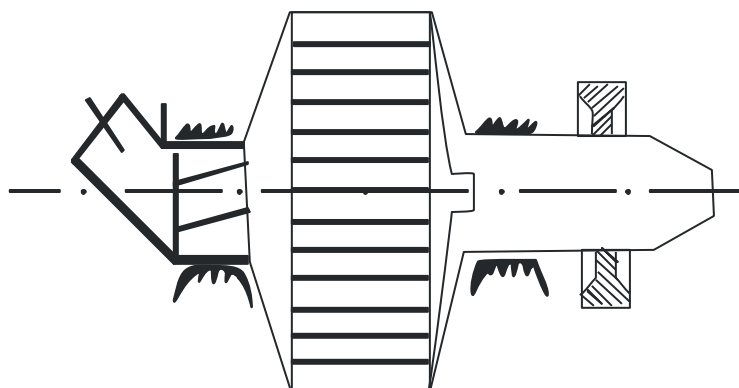
Галькалы диірмендер бұрынырақ басқа диірмендерде ұнтақталып, артынан байытылу кезінде алынған кейбір өнімдердің ұнтақтылығын арттыру үшін қолданылады. Ұнтақтаушы дене ретінде орташа ұсату сатысынан кейін кеннен белгілі бір ірілік класы (мөлшері 50-100 мм) бөлініп пайдаланылады. Осы тұрғыдан қарасақ оларды да кен өзін-өзі ұнтақтайтын диірменге жатқызуға болады.



17, а – сурет. Шығару торы құрылысының көрінісі.

Кен өзін-өзі ұнтақтайтын диірмендерге ірі ұсату сатысынан шыққан, ірілігі 350 мм-ге жететін кен кесектері түседі. Ірі кесектер ұсақтауларын ұсатып, өз іріліктерінде біртіндеп кішірейеді. Осы әдіспен ұнтақтау процесінде кеннің аса майдалануы азаяды. Соның нәтижесінде технологиялық көрсеткіштер біраз өседі. Бірақ шарлы және білікті диірмендермен салыстырғандарда олардың өнімділігі төмендеу және электроэнергия шығыны артық. Ұнтақтау құрғақ күйде не сулы ортада жүргізіледі.

Сулы ортада ұнтақтау "Каскад" диірмендерінде (схемалы көрінісі 18-суретте көрсетілген), ал құрғақ ұнтақтау "Аэрофол" диірмендерінде жүргізіледі.



18-сурет. Кен өзін-өзі ұнтақтайтын диірменнің ("каскад") схемалық көрінісі: 1– цилиндрлі барабан; 2 – қақпақ; 3 – кен түсіргіш цапфа; 4 – кен шығарғыш цапфа; 5 – тісті венец.

Диірмендердің барабандары (1) қысқа, ал диаметрлері үлкен (6-10м) болады. Барабанның қақпақтарына (2) кен түсіруші (3) және шығарушы (4) цапфалар бекітілген. Тісті венец (5) шығарушы цапфаға, не барабанға орнатылады.

Барабанның ішкі бетіне орнатылған футеровкалардың шығыңқы қырлары бар. Олар кен кесектерінің жоғары көтерілуіне мүмкіншілік туғызады. Ұнтақталған кен тор арқылы өтіп, цапфаға шығады.

Сулы ортада ұнтақталған кен цапфаға бекітілген ұсақ тесікті классификатор – бутардан өтеді. Құрғақ ұнтақтау процесінде ұнтақ диірменнен арнаулы жүйемен ауаны сору арқылы шығарылады. Соған сәйкес классификациялауда ауаның күшімен жүргізіледі.

Диірмендердің қазіргі кездегі басқа белгілі түрлері кен байыту фабрикаларында қолданылмайды.

Диірмендерге кен әртүрлі конструкциялы түсіргіштер (питатель) арқылы түседі. Олар үш түрге бөлінеді: барабанды, улиткалы және сол екеуінен құрастырылған түрі (комбинацияланған).

Түсіргіштердің конструкцияларының әртүрлі болуының қажеттілігі диірмендерге тек бастапқы кен ғана емес басқа да заттар түсуімен байланысты. Кенмен бірге диірменге тордан шығатын құм қайтарылады. Олардың басқа диірмендерге түсетін зат – байыту процестерінде алынатын және ұнтақтауды қажет ететін екі аралық (промпродукт) өнімдер.

Егер диірменге тек бастапқы кен ғана түссе (ұнтақтау ашық циклде жүргізіледі), онда барабанды түсіргіш қолданылады да, ал оған тек классификатордан шығатын құм түссе онда улиткалы түсіргіш қолданылады. Көпшілік жағдайда диірмендер тұйық цикл режимінде істейді. Демек оларға бастапқы кен және классификатордың құмы түседі.

Мұндай жағдайда комбинацияланған түсіргіштер қолданылады. Барабанды түсіргіш қысқа цилиндр пішінді барабаннан тұрады. Ол диірменнің цапфасына болттармен бекітіледі. Барабан ішінде түскен кенді тек диірмен ішіне қарай жылжыту үшін спиральды бағыттағыш орнатылған. Егер диірменге құм қайтарылса ол диірмен айналым өсінен төмен орналасқан түбі дөңгеленген науаға түседі. Ондағы пульпа түріндегі затты диірменге тек улиткалы не комбинациялы түсіргішпен ғана жеткізуге болады. Улиткалы түсіргіштің айырмашылығы сол-барабанға улитка пішінді көсіп алғыш орнатылған. Оның тесікті басы пульпаға енгенде іші толады да, жоғары көтерілгенде ол пульпа ағып диірменінің цапфасына түседі.

4.12 Ұнтақтау технологиясының даму бағыты

Байыту технологиясының көрсеткіштерін жоғарылатуда ұнтақтау процесінің дұрыс жүргізілуінің маңызы өте зор. Бұл процесте қойылатын мақсат – бағалы минералдардың таужыныс минералдарынан және өзара толығырақ ажырауы.

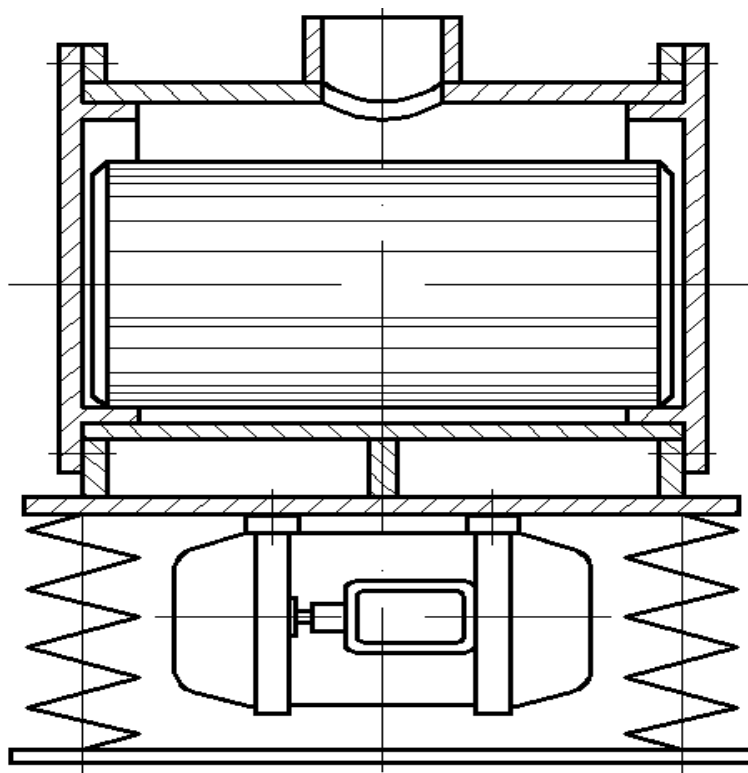
Осыған байланысты кейінгі кездерде диірмендердің жаңа түрлерін табуға көп көңіл бөлінуде. 1976 жылдан бастап ұнтақтауға валкалы диірмендерді қолдану зерттеле бастады. Ол диірмендерде ұнтақталатын материалдарға өте жоғары қысым әсерін пайдалану көзделген. Соның нәтижесінде өнімділіктің 10-40 % артатыны, ал энергияның үлесті шығыны 10-20 % төмендейтіні анықталған. Қысым мөлшері 90-270 МПа аралығында өзгереді.

Материалды өте майда ұнтақтауға бір немесе бірнеше барабандары бар дірілді диірмендер қолданыла басталды. Ұнтақтау денелер ретінде шарлар, біліктер, кеннен алынған ұсақ класстар қолданылады. Бұл диірменнің артықшылығы ұнтақтау процесіне ұнтақтау денелер түгел қатынасады. Сондықтан олардың үлесті өнімділіктері шарлы диірменге қарағанда 1,5-3 есе жоғары. Диірменнің принципіалды схемасы төмендегі 19 – суретте келтірілген.

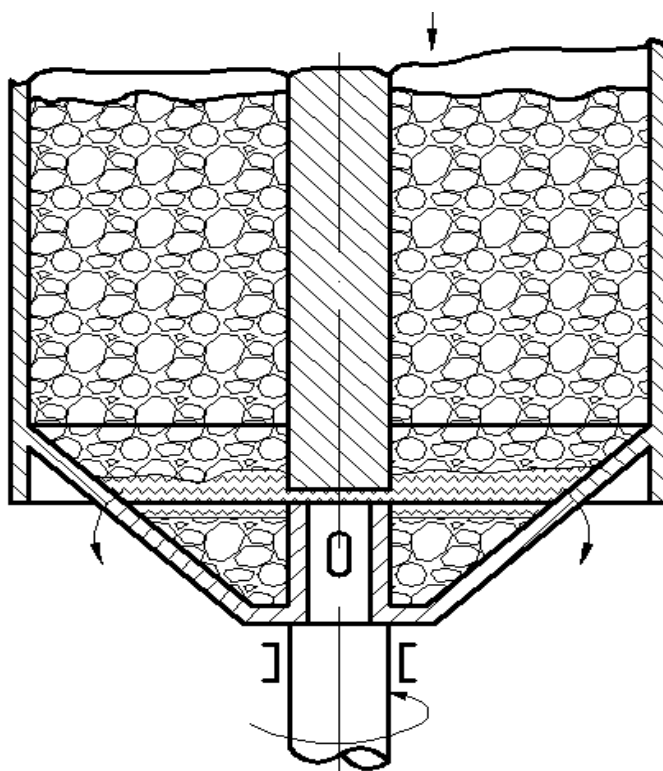
Алыс шетелдерде қолданылатын диірмендердің диаметрлері 200-650 мм, ал ұзындықтары 4300 мм-ге жетеді. Оларға түсетін материалдың диаметрі (d_{max}) 30 мм жетеді, ал өнімделігі 4-13 т/сағ.

Ұнтақтау процесін жетілдіруінің тағы бір бағыты ортадан тепкіш диірмендер.

XX-ғасырдың 80-жылдарынан бастап ТМД елдерінде өндіріске енгізу үшін динамикалық өзін-өзі ұнтақтайтын диірмендер "МАЯ" және оның модификациялары жасалуда. Бұл диірмендердің ерекшеліктері сонда, ұнтақтау тік қозғалмайтын корпустың төменгі жағында арнаулы формалы табактың айналу кезінде материал массасы араластыру нәтижесінде өзін-өзі үгітеді. Бұл диірмен, мысалы, "Узбекзолото" бірлестігінде Каульды руднигінде екі аралық өнімді ұнтақтауға қолданылған. Төменде 20 – суретте бұл диірменнің жалпы көрінісі берілген.



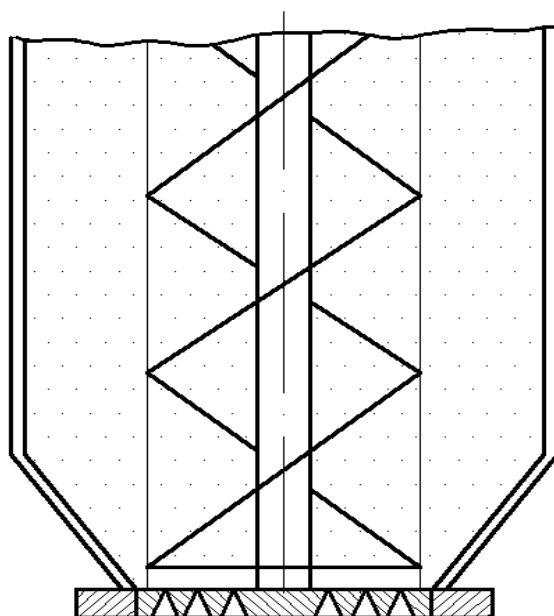
19 - сурет. Дірілдеуік диірменнің схематикалық көрінісі



20 – сурет. МАЯ диірменнің схемасы

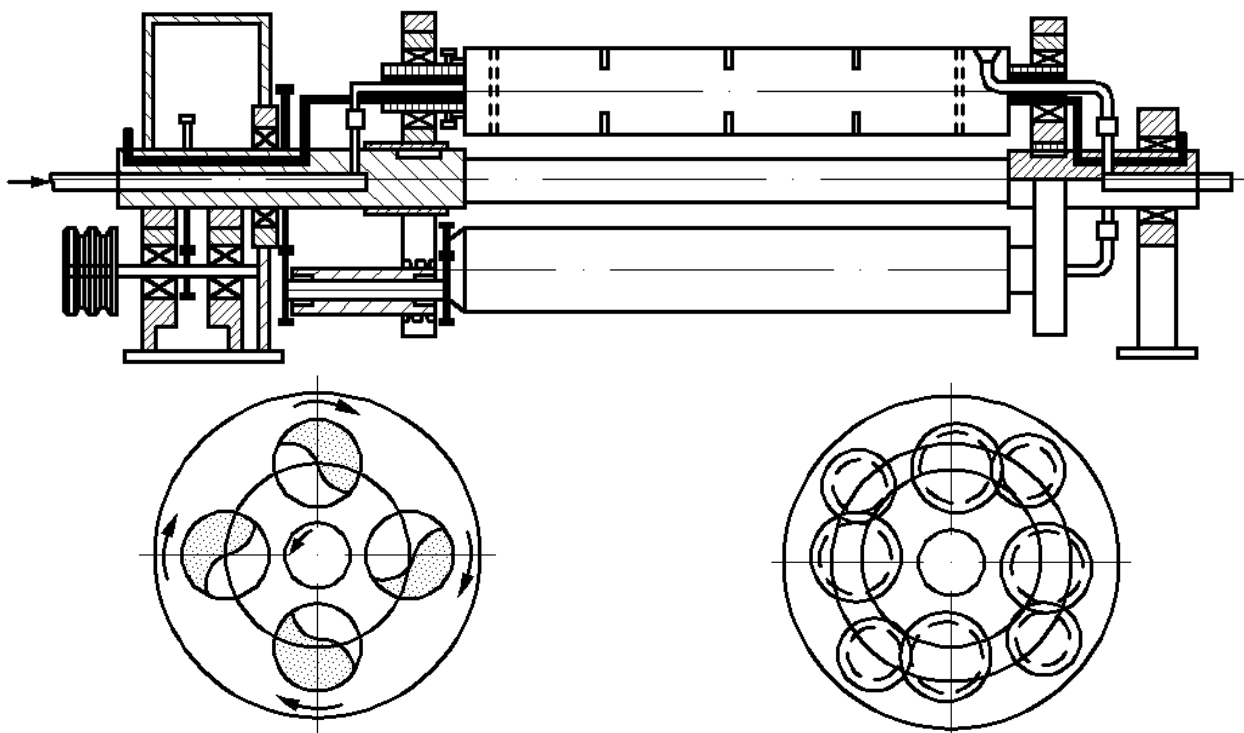
Осыған ұқсас процесс 1990 жылдардың басында жасалған Башенді диірмендерде (21 – сурет) жүргізіледі. Диірменнің констукциясы қарапайым

және оларда үлесті энергия шығыны екі еседей төмен (Жапония, ГДР, Швейцария және ФРГ).



21 – сурет. Башенді диірменнің схемасы

Башенді диірмендерді жасау кейінірек ТМД едерінде де жасала бастады ("Механобрцветмет", Украина). Бұлардың конструкциялық ерекшеліктері – қозғалмайтын цилиндрлі корпус ішінде шнек реуешті жұмыс органына айналады.



22 – сурет. Планетарлы диірменнің схематикалық көрінісі

Бұл келтірілгендер мен қатар басқада диірмен түрлері зерттелуде. Солардың біреуіне планетарлы диірмендер жатады (22–сурет). Олар ұнтақтау денелер түріне байланысты шарлы, білікті, валкалы және материал өзін-өзі ұнтақтайтындарға бөлінеді. Олардың размерлері кіші, массалары аз, шарлы және дірілді диірмендерге қарағанда көп есе тез ұнтақталады. Бұларда ұнтақтау соғумен, жаншумен және үгумен жүреді. Мысалы, ЮАР-да алмаз құрамды шикізатты ұнтақтауға диаметрі 762 мм, ұзындығы 610 мм сынақтан өткен. Оның өнімділігі 2400x4830 мм шарлы диірмен өнімділігіне жақын болған.

Диірмендердің тағы бір түріне ағымды диірмендер жатады. Оларда түйіршікті зат қабаты қысыммен берілетін ауа ағымымен қатты үрленеді. Сол кезде қатты соқтығыс және өзара үйкелістің нәтижесінде ұнтақтау жүреді.

Бұл диірмендердің қазіргі қолданыстағы диірмендерден айтарлықтай ерекшеліктері бар. Қазіргі кезде сынақтан өткен, сыналып жатқан диірмендердің жалпы айырмашылықтары (бұрынғылармен салыстырғанда) өнімділіктерінің жоғары болуы, энергия шығындары аз. Қазір бірсыпыра өндірістік орындарда кейбіреулері өз орындарын тапты. Келешекте олардың қолданылуының мүмкіншіліктері жоғары деп айтуға болады.

5 Елеу (грохочение)

5.1 Елеудің қолданылуы

Әртүрлі кесекті не түйіршікті затты елеуіштер арқылы өткізіп екі не бірнеше ірілікті кластарға бөлу процесі *елеу* деп аталады.

Байыту фабрикаларында елеу процесі арнаулы аппараттарда – елеуіштерде (механикаландырылған елеуіштер) жүргізіледі. Егер елеуіште бір тор орнатылса бастапқы зат екі, ал екі тор орнатылса үш ірілік кластарға бөлінеді. Елеу қажеттілігіне қарай әртүрлі мақсаттармен қолданылады:

1) ұсату процестерінде ұсатқыштар алдында оларға түсетін кен ішіндегі сол сатыда ұсатуды керек етпейтін даяр ірілік класын бөліп алуға, яғни *көмекші процесс* ретінде қолданылады;

2) кейбір байыту процестері алдында (отсадка) әртүрлі ірілік кластарды жеке байыту қажеттігі болғанда *дайындау процесі* ретінде жүргізіледі;

3) кейбір қазындылардың, мысалы, көмір, темір кендері тек ірілік кластарға бөлгенде әр түрлі сортты өнімдер алынады. Осындай мақсатпен қолданылғанда елеу *байыту процесінің* ролін атқарады;

4) кейбір процестерде (мысалы, ауыр ортада байытуда) қатты заттан суды бөлу үшін де елеу қолданылады, яғни елеу *сусыздандыру* процесіне айналады. Елеу байыту фабрикаларында кеңінен таралған процесс.

Сонымен қатар ол құрылыс материалдарын дайындау өндірісінде ұсатып сорттау фабрикаларында негізгі процестердің бірі ретінде қолданылады.

5.2 Елеуіштер және елеу тиімділігі

Әртүрлі белгілеріне қарай елеуіштер бірнеше түрге бөлінеді. Елегіш торларының пішініне қарай жазық бетті (колосникті, жазықтықта тербелуші, дірілдеуік, валкалы елеуіштер), конусты бетті, дөңгелек бетті (барабанды елеуіштер) және ойық бетті (доғалы) болып бөлінеді. Елеуіш беттің қыймылына қарай қозғалмайтын (колосникті, доғалы) және қозғалмалы (дірілдеуік, валкалы, барабанды) болып бөлінеді.

Барлық елеуіштер негізінен үш бөліктен тұрады: елегіш бет, корпус және қимылға келтіру механизм.

Кен байыту фабрикаларында ең көп тарағаны дірілдеуік елеуіштер. Олардың өнімділігі де және тиімділігі де басқалармен салыстырғанда жоғары келеді.

Елегіш бет негізінен үш түрде жасалады: 1) қатар-қатар, өз ара белгілі қашықтықта орналасқан біліктерден не рельс кесінділерінен тұрады; 2) әртүрлі пішінді тесіктері бар (дөңгелек, төртбұрышты, жарықты) цилиндрлі не жазық болат беттен жасалады; 3) сымнан тоқылады.

Білікті не колосникті торлар әдетте ірі ұсату сатысында, жазық болат бетті торлар орташа және ұсақ ұсату сатыларда, ал тоқылған торлар кейде ұнтақтаудың бірінші сатысында қолданылады.

Елегіш беттің тесіктерінің қосынды ауданының бүтін бет ауданына қатынасы *қима коэффициенті* деп аталады. Ол неғұрлым үлкен болса, елеу тиімділігі өседі.

Елеу тиімділігі деп тордан өткен ірілік кластың массасының сол кластың елеуге түскен бастапқы зат ішіндегі массасына қатынасын атайды. Ол процентпен не бірлік үлеспен сипатталады.

Егер елеуге түсетін заттың массасын Q , елеуіштен өткен астыңғы класты C , өтпеген үстіңгі класты T әріптерімен, ал бөліп алынатын ірілік кластың олардағы үлесін α , β және ν әріптерімен белгілесек, жоғарыда келтірілген анықтамаға сәйкес елеу тиімділігі (E) мына формуламен есептеледі:

$$E = \frac{C}{Q\alpha} 100 = \frac{C \cdot 10^4}{Q\alpha} 100$$

Өндірістік жағдайда, процестің үздіксіз және үлкен көлемде жүргізілуіне байланысты елеуге түсетін және одан шыққан астыңғы класты өлшеу қиын. Сондықтан әдетте елеуге түсетін заттан және өтпеген үстіңгі кластан сынама алынады. Әр сынама өлшенеді де, тесік диаметрі елеуіштің тесік диаметрімен бірдей елеуіште мұқият еленеді. Соның нәтижесінде

олардағы бөлуге қажет кластың проценттік үлесі (α және ν) есептелінеді. Ал елеуіштен өткен астыңғы класс тек бөлуге қажет кластан тұратындығынан $\beta=100\%$. Сонда жоғарыда келтірілген формулада, яғни

$$E = \frac{(\alpha - \nu)}{(100 - \nu)} \cdot \frac{10^4}{\alpha} \%$$

Мысал. Елеуге түсетін кенде бөлуге қажет кластың үлесі 15% , елеуіштен өтпеген үстіңгі класта 2% болса елеу тиімділігі $87,9\%$.

Демек, бөлуге қажет кластың $12,1\%$ әртүрлі себептермен елегіштен өтпегенін көрсетеді.

Елеу процесінің екінші көрсеткіші мысалы өнімділігі (тонна/сағат). Бірақ ол процестің тиімділігі бір мөлшерден аз болмауымен байланысты анықталуы керек. Екі елеуіштің өнімділігін, мысалы, тек олардың елеу тиімділігі бірдей болғанда ғана салыстыруға болады.

Дірілдеуік елеуіштің массалы өнімділігін анықтайтын эмпирикалық формула:

$$Q = F \cdot g \cdot \delta \cdot k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p \text{ т/сағат.}$$

Мұнда F – елегіш беттің ауданы, м^2 ;

g – 1 м^2 шаққандағы елегіш беттің үлесті өнімділігі, $\text{м}^3/\text{сағат}$.

δ – үйінді тығыздық, $\text{т}/\text{м}^3$

k, l, m, n, o, p – әртүрлі факторлардың елеуге тигізетін әсерін есепке алатын түзету коэффициенттері (анықтамадан алынады).

Елеу тиімділігіне бірсыпыра факторлар әсер етеді. Олардың бастылары мыналар:

1) еленетін заттың ылғалдылығы. Неғұрлым ылғалдылық жоғары болса (әсіресе 10% -тен артса) түйіршіктердің өз ара жабысуының, тесіктерінің тез бітелуінің нәтижесінде елеу тиімділігі төмендейді;

2) бөлуге қажет кластың ірілігі жоғарылаған сайын елеу тиімділігі артады;

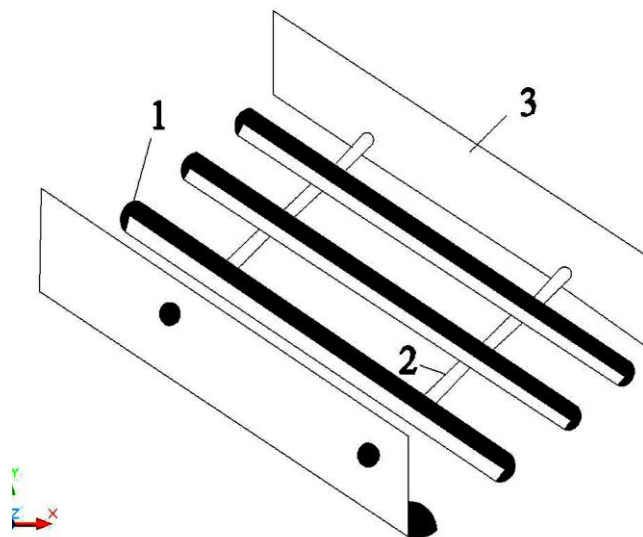
3) кен ішінде диаметрі елегіш бет тесіктерінің диаметріне жақын түйіршіктер үлесі көбейген сайын елеу қиындай береді. Себебі ондай түйіршіктер тесіктерге қыстырылып, бірақ өтпей оларды бітеп қалады. Мұндай түйіршіктер «қиын түйіршіктер» деп аталып кеткен;

4) елегіш беттің көлбеу бұрышы үлкейген сайын және оның ұзындығы қысқарған сайын, сол сияқты елегішке түсірілетін заттың массасы тиісті мөлшерден асса, оның елегіш бет арқылы өту жылдамдығы өсіп, түйіршіктердің тесіктерден өту мүмкіншілігі азаяды;

5) түйіршіктердің домалақтығы артқан сайын тесіктен өтулері жылдамдайды.

5.3 Қозғалмайтын елеуіштер. Колосникті елеуіштер

Олар көлбеу (30-50) қатар-қатар орналасқан бір-бірімен көлденең біліктермен (2) бекітілген колосниктерден (1) (рельс кесінділері не қиындылары трапециялық пішінді біліктер) тұрады (23-сурет).



23 – сурет. Колосникті елеуіш
1– колосниктер; 2 – біліктер; 3 – қабырға.

Кен кесектері шашылмас үшін колосникті беттің ұзын бойына екі қабырға орнатылған (3). Кен елеуіш арқылы өткенде ұсағы колосниктер аралығындағы жырықтан өтіп, ал өтпенген кесектер өз салмағымен домалай қозғалып, ұсатқышқа түседі.

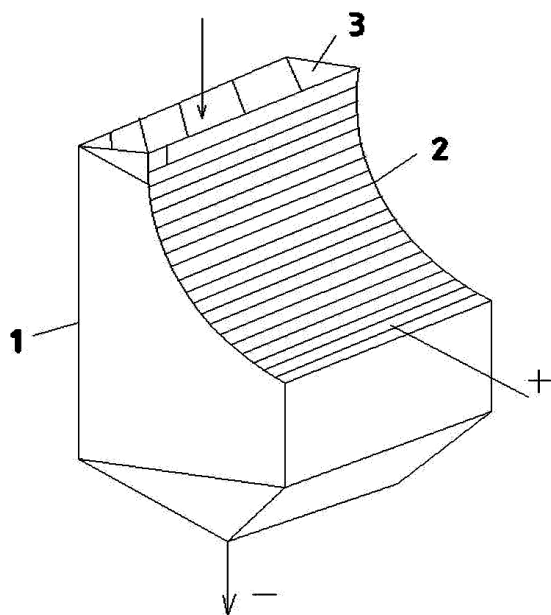
Колосниктер аралығындағы қашықтық бөліп алуға қажет кластың диаметріне сәйкес белгіленеді. Елеуіштің көлденеңі елеуге түсетін ең ірі кесектерден 3 есе, не одан көп есе үлкен болуы керек, ал ұзындығы көлденеңінен 2-3 есе артық болады.

Колосникті елеуіштер негізінде ірі ұсату сатысында, сирек орташа ұсату сатысында қолданылады. Елеу тиімділіктері 50-60 %-тен аспайды.

Доғалы елеуіштердің торы жартылай шеңбер бойына түсетін заттың қозғалу бағытына көлденең орналасқан, ара қашықтығы жақын колосниктерден (2) тұрады (24 – сурет).

Бұл елеуіштерге диірмендерде ірі ұнтақталған, сумен араласқан зат (пульпа) түседі. Пульпа қабылдағыш қорапқа 3 өз салмағымен не насостың айдау қысымымен түсіріледі. Қораптан тор бетіне түскенде ірілігі тор жырығынан кіші түйіршіктер сумен бірге өз салмағымен және ортадан тепкіш күш әсерімен тордан өтіп корпус (1) арқылы шығарылады. Тор үстінде қалған зат сырғып жылжып, тордың төменгі шетінен шығады.

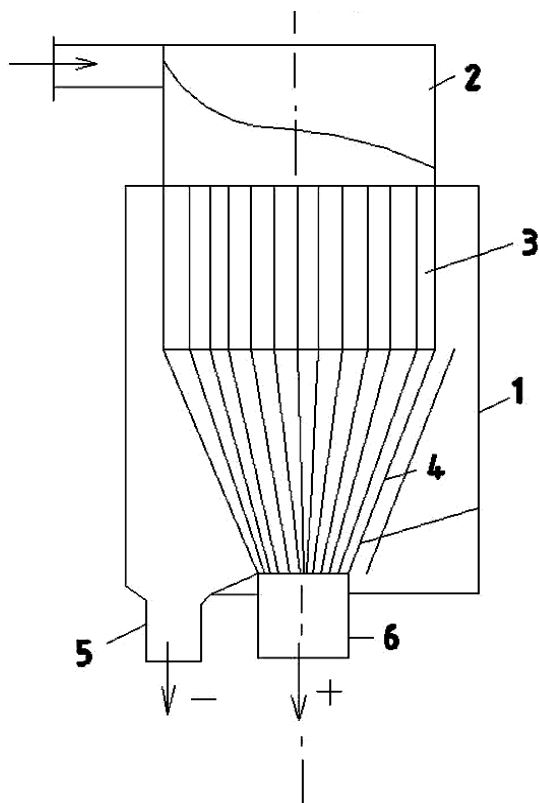
Түйіршіктердің жырықтан өтуін жеңілдету үшін колосниктердің көлденең қимасы трапеция пішінді жасалады. Колосниктердің ара қашықтығы орташа 0,3-3 мм-ге тең.



24-сурет. Доғалы елеуіштің схемалы көрінісі
1-корпус; 2-қиындысы трапециялы колосниктер; 3-қабылдағыш қораб

Доғалы елеуіштер көбінде көмір байыту фабрикаларында қолданылады. Олардың елеу тиімділігі 30-75 %.

Цилиндр-конусты елеуіштер (25-сурет) доғалы елеуіштерге ұқсас.

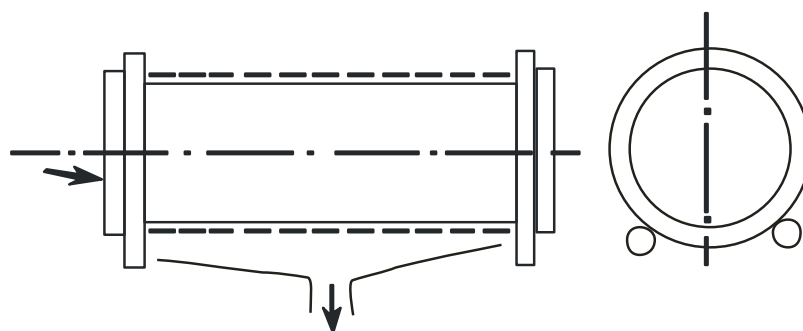


25 – сурет. Цилиндр конусты елеуіштің схемалы көрінісі:
1- корпус; 2 – қабылдағыш қораб; 3 – цилиндрлі тор беті; 4 – конусты тор беті; 5 – ұнтақ шығарғыш тесік; 6 – ірі зат шығарғыш тесік.

Корпус (1) ішіне жоғары жағы цилиндрлі бет (3), ал төменгі жағы конусты бет (4) құрай колосниктер орналасқан не сымдар тартылған. Пульпа цилиндрлі қабылдағыш қорабқа (2) жанама бойымен бекітілген құбыр арқылы қысыммен түседі. Соның нәтижесінде ол төмен қарай айналма қозғалыс жасай жылжиды. Ұсақ класс орталықтан тепкіш күш әсерімен сумен бірге елегіш беттен өтіп, корпустың түбінде орнатылған патрубок арқылы, ал тордан өтпеген жоғарғы ірі класс конус түбіндегі патрубок арқылы шығады.

Қозғалмалы елеуіштер. Барабанды елеуіштердің (26 – сурет) елегіш беті цилиндр не конус пішінді келеді.

Елегіш бет не тоқылған тордан не тесілген болат қаңылтырдан жасалады да, цилиндрлі не конусты каркасқа орала орнатылады. Барабан екі шетіне жақын орнатылған бандаждар (3) арқылы тіремелі роликтер үстінде айналады. Материалдардың белгілі жылдамдықпен жылжуы үшін барабан 4-10 бұрыш жасай көлбеу орнатылады. Қозғалу кезінде ұсақ класс барабанның ұзын бойымен тордан өтіп науаларға түседі де, ал ірі класс барабанның екінші шетінен барып шығады. Кейде бір елеуіштен бірнеше ірілік кластар алуға болады. Ол үшін барабанның ұзын бойы бірнеше секцияларға бөлініп, әр секцияға тесік диаметрі әр түрлі торлар орнатылады: материал түсетін басына жақын секцияға ең ұсақ тесікті тор одан кейін ірі тесікті торлар орналасады. Әр секциядан шыққан кластар жеке науаларға түседі.



26 – сурет. Барабанды елеуіштің схемалы көрінісі:

1 – цилиндрлі каркас; 2 – тор; 3 – бандаж; 4 – ролик.

Елеу тиімділігі барабанның диаметрі, ұзындығы және айналу жылдамдығымен байланысты. Неғұрлым диаметр және ұзындық үлкен болса тиімділікте соғұрлым өседі. Олардың диаметрі 0,5-3,0 м, ал ұзындығы 2,0-9,0 метрге дейін жетеді. Айналу жылдамдығы барабанның диаметріне байланысты анықталады:

$$\Pi = 8\sqrt{R} \div 14\sqrt{R} \text{ айналу/мин}$$

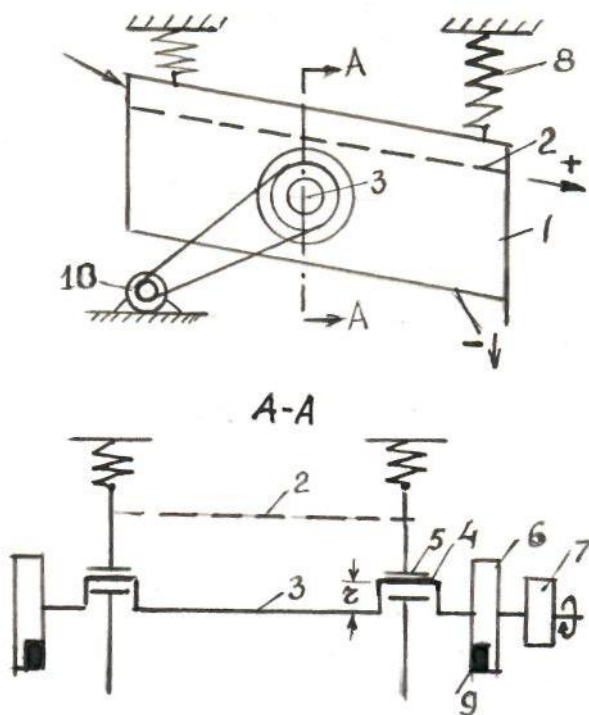
мұнда R – барабанның диаметрі.

Барабанды елеуіштер көбінде балшықты, топырақты қазба түрлерін (әсіресе шашыранды қазбаларды) байытқанда қолданылады. Мұндағы негізгі мақсат – байыту процесіне түсіру алдында қазбадан балшықты, шанды заттарды жуып-шайып бөліп шығару. Осы мақсатпен пайдаланғанда тордан өткен сулы ұсақ класс қалдық ретінде шығарылады. Байытуға тек ірі класс қана түседі. Барабанды елеуіштер осы үшін қолданылса *скрубберлер* депте аталады. Барабанды елеуіштер сол сияқты белгілі ірілікті ұсақ құм, тас алу үшін құрылыс индустриясында, асбест байыту фабрикаларында кеңінен қолданылады.

Олардың кемшілігі: орнатуға ауданы үлкен орын қажет, елеу тиімділіктері төмен.

Дірілдеуік елеуіштер. Олардың ең көп тараған түрлері коробы шеңберлі қозғалыс жасайтын және өздігінен айналу өсін бір қалыпта ұстайтын (самоцентрирующиеся) екпінді елеуіштер (ГИЛ, ГИС, ГИТ) және коробы түзу сызық бойымен қозғалатын және өздігінен теңделетін дірілдеткіштері бар елеуіштер (ГСЛ, ГСС, ГСТ).

Екпінді (инерционды) елеуіштердің (27-сурет) коробы (1) қозғалмайтын конструкцияға серіппелер арқылы көлбеу ілінеді, не тірегiштерге орнатылады. Елегiш бет (2) коробынң екi қабырғасына бекітілген. Коробынң қабырғаларының орта шеніне орнатылған подшипниктер (5) арқылы эксцентрикті вал (4) өтеді. Валдың екi шетіне теңгерілмеген жүк орнатылған екi маховик (6) орналасқан. Қорап электродвигательмен шкив және белбеулер арқылы қозғалысқа келеді.



27-сурет. Екпінді дірілдеуік елеуіштің схемалы көрінісі.

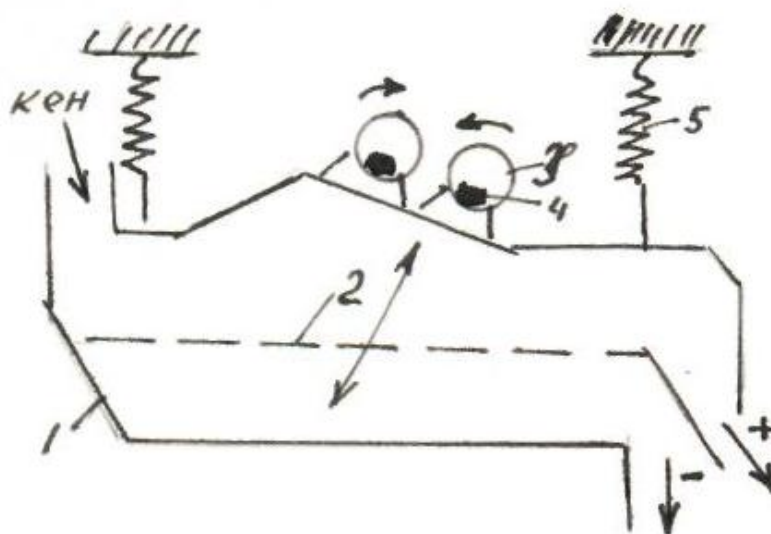
1 – қорап; 2 – елегіш бет; 3, 4 – эксцентрикті вал; 5 – подшипник; 6 – маховик; 7 – шкив; 8 – серіппе; 9 – теңгерілмеген жүк; 10 – электроқозғалтқыш.

Теңгерілмеген жүктер валдың эксцентриктеріне қарама-қарсы бағыттарда орналасқан. Вал айналғанда теңгерілмеген жүктердің әсерімен пайда болатын ортадан тепкіш күштер коробты шеңберлі қозғалысқа келтіреді. Оның шайқалу саны минутына 1500 ретке дейін жетеді. Эксцентриктердің әсерімен қозғалу кезінде валдың өсі бір орында қалады. Соның нәтижесінде коробтың шайқалу радиусы валдың эксцентригіне "e" тең.

Бастапқы зат коробтың жоғарғы басына түседі, ал еленіп бөлінген ірілік кластар оның төменгі шетінен шығып жеке желобтарға түседі. Короб ішінде тесік диаметрлері әр түрлі екі не үш тор орнатылуы мүмкін, онда одан үш не төрт ірілік кластары шығады.

Екпінді елеуіштер кен байыту фабрикаларында ұсату алдында, бірнеше ірілік кластарға бөлуге де және сусыздандыру процестерінде де кеңінен қолданылады. Олардың елеу тиімділігі 90 %-ке дейін жетеді. Қолдану мақсатына қарай ол жеңіл (ГИЛ), орта (ГИС) және ауыр (ГИТ) типті етіп жасалады.

Өздігінен теңделетін дірілдеткіші бар елеуіштердің (28 – сурет) екпінді елеуіштерден айырмашылығы дірілдеткіш механизмнің конструкциясының өзгешілігінде. Елеуіштің коробы (1) серіпперлер (5) арқылы тірекке горизонталь қалыпта ілінеді. Коробтың көлбеу бетіне көлденең параллельді екі вал (3) орналасқан. Олар бір-біріне қарама-қарсы бағытта бірдей жылдамдықпен айналады. Әр валда теңгерілмейтін жүк орналасқан. Олар қарама-қарсы бағытталған кезде ортадан тепкіш күштер бірін-бірі жояды да короб орнында қалады, ал бір жаққа бағытталғанда ортадан тепкіш күштер қосылып коробты сол бағыттарда қозғалтады. Валдар қиғаш жазықтықта орналасқандықтан коробта (елегіш тор) горизонталь жазықтыққа бұрыш жасай түзу сызық бойымен қозғалады. Осындай қозғалыс әсерінен тор үстіндегі зат алға қарай жылжып өте тиімді еленеді.



28 – сурет. Өздігінен теңделетін дірілдеткіш елеуіштің схемалы көрінісі:
1 – короб; 2 – тор; 3 – вал; 4 – теңгерілмеген жүк; 5 – серіппе.

Бұл елеуіштерде жеңіл, орта және ауыр типті етіп жасалады. Жеңіл типтері (ГИСЛ) көмір байыту фабрикаларында, сусыздандыру процестерінде және ауыр типтері (ГИСС, ГИСТ) кен байыту фабрикаларында ұсату схемаларында қолданылады.

Олар еленетін заттың ірілігі 600 мм-ге дейін жетеді. Елегіш беттің ауданы 21 м²-ге дейін жасалады. Елеу тиімділігі орташа 80–90 %.

Көмір байыту фабрикаларында ірілігіне қарай сұрыптау мақсатымен, сусыздандыру процестерінде коробы түзу бағытта қозғалатын *резонансты дірілдеуік елеуіштер* қолданылады. Олардың конструкциялары өте күрделі келеді. Көмір байыту фабрикаларында қолданылатын елеуіштердің бір түрі – *валкалы* елеуіштер. Елегіш бет көлбеу орналасқан рамаға көлденең параллельді орнатылған валоктардан тұрады. Олардың саны 7–14. Олардың бәрі материалдың қозғалу бағытына бағытас айналады. Валоктарға бірінен бірі белгілі қашықтықта дискалар орнатылған. Оларда ірілігі 300 мм-ге дейін жететін материал еленеді. Алынатын ұсақ кластың ірілігі валоктардың ара қашықтығын өзгерту арқылы реттеледі. Раманың көлбеулігі 12-15⁰қа теңі.

6 Классификация

6.1 Минерал түйіршіктерінің суда және ауада шөгу заңдылықтары

Классификация процесі байыту фабрикаларында кеңінен қолданылады. Ол сулы ортада не ауада жүргізілуі мүмкін. Процестің тиімділігі қатты зат түйіршіктерінің сол орталарда шөгу заңдылықтарымен анықталады. Шөгу кезінде түйіршіктерге негізінде үш күш әсер етеді: ауырлық күші, архимед күші және ортаның кедергі күші. Түйіршіктің шөгу жылдамдығы осы үш күштің теңесуінен шығатын күштің әсерімен анықталады.

Ауырлық күш заттың көлемі және тығыздығымен байланысты екені белгілі. Ортаның кедергі күші негізінде зат түйіршігінің шөгу жылдамдығымен анықталады. Түйіршік неғұрлым ұсақ болса, демек салмағы азайған сайын, кедергі күш ортаның тұтқырлығымен (үйкеліс күшімен) анықталады да, ол шөгу жылдамдығына тура пропорционал болады. Түйіршіктің осындай жағдайда шөгуін *ламинарлы (параллельді агым) қозғалыс* деп атайды.

Түйіршіктің салмағы артқан сайын (яғни іріленген сайын) кедергі күш екпінді күшпен (динамикалық) анықталып, шөгу жылдамдығының квадратына пропорционал болады. Осындай жағдайда шөгуді *турбулентті (иірімді) қозғалыс* деп атайды. Шөгу кезінде денеге осы кедергі күштердің екеуі де әсерін тигізеді. Бірақ дененің (түйіршіктің) ірілігіне қарай олардың екеуінің ара қатынасы әртүрлі болады. Орта есеппен егер түйіршік диаметрі 2 мм-ден үлкен болса онда динамикалық кедергі күштің әсері артады. Егер түйіршік диаметрі 0,1–ден кіші болса және ортаның тұтқырлығы артқан

сайын үйкеліс кедергі күші басым болады. Осы екі аралықта кедергі күштің екі түрі де орын алады.

Шөгу қозғалысының бастапқы уақытында түйіршіктің шөгу жылдамдығы аз, ал үдеуі үлкен болады. Біртіндеп шөгу жылдамдығы өсіп, соның нәтижесінде кедергі күш молайып, үдеу азая бастайды. Бір сәтте ауырлық күшпен кедергі күш теңеледі де, түйіршік бір қалыпты жылдамдықпен шөге бастайды (v).

Оны **ақырғы жылдамдық** деп атайды.

Сонымен, ақырғы шөгу жылдамдыққа бірсыпыра жағдайлар әсер етеді: дене неғұрлым ірі болса, тығыздығы үлкен болса, ортаның тұтқырлығы аз болса және түйіршік пішіні домалақ келсе, соғұрлым ақырғы жылдамдық өседі.

Классификация процесін реттеу үшін түйіршіктердің ақырғы шөгу жылдамдығын есептеп табу қажет. Ол үшін тағы бір ұғымдармен танысу керек. Егер белгілі ортада тек бір ғана түйіршік шөксе, демек онымен соқтығысатын басқа түйіршіктер болмаса, ол бос шөгеді. Ал іс жүзінде түйіршіктер бір-біріне соқтығыса, кедергі жасай шөгеді, демек қысыла шөгеді. Осы екі жағдайда түйіршіктің шөгу жылдамдығы әртүрлі болады: бос шөгу жылдамдығы қысыла шөгу жылдамдығынан бірсыпыра үлкен келеді. Әр кезде түйіршіктердің шөгу жылдамдықтарын табу үшін ашылған заңдылықтар бос шөгу негізінде табылған.

Ірілігі 1,5 мм-ден 15 мм-ге дейінгі түйіршіктердің суда шөгу жылдамдығы Ньютон – Риттингер формуласымен анықталады:

$$V_o = K\sqrt{d(\sigma - \Delta)}$$

мұнда K – түйіршіктің пішінімен есепке алынған өлшем бірліктеріне байланысты өзгертін коэффициент;

d – түйіршік диаметрі, м;

b – заттың тығыздығы, кг/м.

Δ – ортаның тығыздығы, кг/м³.

Егер түйіршік пішіні шар сәйкесті болса және өлшем бірліктері СИ жүйесінде алынса (диаметр – м, тығыздық – кг/м³) онда түйіршіктердің суда шөгу жылдамдығын анықтайтын формула былай түрленеді:

$$V_o = 0.16\sqrt{d(\sigma - 1000)}, \text{ м/с}$$

Егер өлшем бірліктері СГС жүйесінде алынса (диаметр – см, тығыздық – г/см³):

$$V_o = 51.2\sqrt{d(\sigma - 1)}, \text{ см/с}$$

Бұдан былайғы теңдеулерде өлшем бірліктері СИ жүйесінде келтіріледі.

Ірілігі 0,12 мм-ден аз болса шөгу жылдамдық Стокс формуласымен анықталады:

$$V_o = 0.545d^2(\sigma - 1000) / \mu, \text{ м/с}$$

мұнда μ – ортаның тұтқырлық коэффициенті, н·с / м² (су үшін = 0,001)

Ірілігі 0,1 мм-ден 1,5 мм-ге дейін аралықта бос шөгу жылдамдықты анықтауға Аллен формуласы қолданылады:

$$V_o = \frac{0.1146d^3\sqrt{(\sigma - 1000)}}{\sqrt[3]{\mu}}, \text{ м/с}$$

Бұл келтірілген теңдеулердің басты кемшіліктері - әр қайсысында кедергі күштердің тек бір түрі ғана есепке алынады. Бос шөгу жылдамдығын есептеуге графикалық әдістерде қолданылады.

Соның бірі – П.В. Лященкоң графикалық әдісі. Ол үшін алдымен Лященко параметрі $Re\psi$ анықталады. Мұнда Re – Рейнольдс саны, ψ – орта кедергі коэффициенті. Лященко параметрін анықтайтын теңдеу:

$$Re^2 \psi = G_0 \Delta / \mu^2$$

Түйіршіктің ауырлық күші (G_0):

$$G = \pi d^3(\sigma - \Delta)g / 6$$

мұнда a – түйіршіктің диаметрі, м;

σ – түйіршіктің тығыздығы, кг/м³;

Δ – ортаның тығыздығы, кг/м³;

g – бос шөгудің үдеуі, м/с².

Лященко параметрі есептелген соң диаграммадан Рейнольдс саны табылады да, түйіршіктердің ақырғы бос шөгу жылдамдығы анықталады:

$$V_o = Re \mu / d\Delta, \text{ м/с}$$

Қысыла шөгу жылдамдығы бос шөгу жылдамдығынан бірнеше рет аз болады. Оның мөлшері ортаның белгілі көлемінде түйіршіктер саны азайған сайын, бос шөгу жылдамдығына жақындай түседі. Әдетте ол тәжірибе жүргізу арқылы анықталады. Осы жай негізінде қысыла шөгу жағдайында ақырғы жылдамдықты табу үшін П.В.Лященко мынадай теңдеу ұсынды:

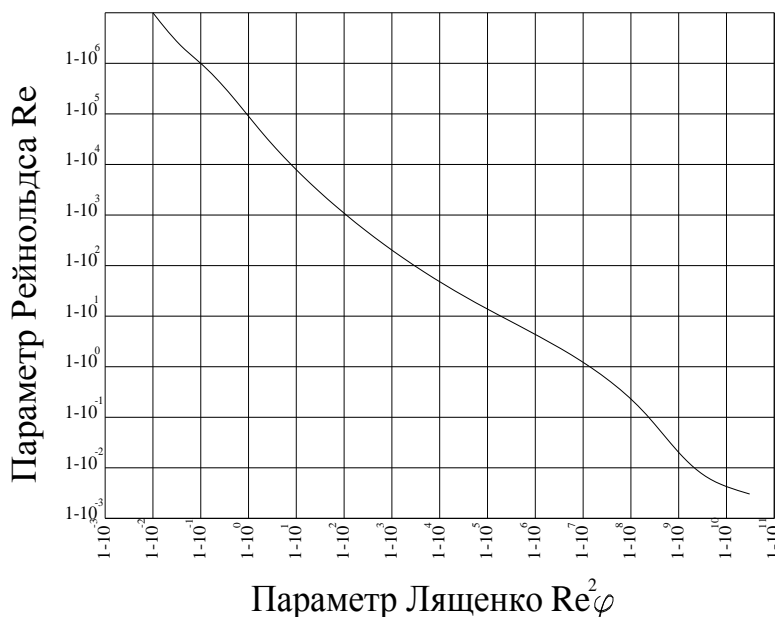
$$V_k = v_o \sqrt{\theta^\pi}$$

мұнда θ – қопсу коэффициенті.

Оның шамасы пульпадағы минерал түйіршіктерінің арасындағы ортаның көлемі және пульпаның жалпы көлемі ара қатынасы мен анықталады. Түйіршіктердің көлемін V_2 деп, ал пульпаның жалпы көлемін V_1 деп белгілесек:

$$\theta = \frac{V_1 - V_2}{V_1}$$

Жоғарыдағы тендеуде n – дәреже көрсеткіш. Оның шамасы орташа алғанда 5-7,5-ке тең.



29 – сурет. Рейнольдс параметрінің Лященко параметріне тәуелділігі

Диаметрлері және тығыздықтары әртүрлі, бірақ бірдей жылдамдықпен шөгетін минерал түйіршіктерін *бірдей шөгушілер* деп аталады.

Тығыздықтары әртүрлі, бірақ бірдей жылдамдықпен шөгетін екі минерал түйіршіктерінің диаметрлерінің қатынасы бірдей шөгу коэффициенті (e) деп аталады. Оны жоғарыда келтірілген формулалардан табуға болады. Мысалы, Ньютон- Риттингер формуласы бойынша бірдей шөгетін екі минерал түйіршіктерінің жылдамдығы

$$V_1 = K_1 \sqrt{d_1(\sigma_1 - \Delta)} \text{ және } V_2 = K_2 \sqrt{d_2(\sigma_2 - \Delta)}$$

$$V_1 = V_2 \text{ болса } K_1 \sqrt{d_1(\sigma_1 - \Delta)} = K_2 \sqrt{d_2(\sigma_2 - \Delta)}$$

$$\text{яғни } K_1^2 d_1(\sigma_1 - \Delta) = K_2^2 d_2(\sigma_2 - \Delta)$$

$$\text{бұдан } \ell = \frac{d_1}{d_2} = \frac{(\sigma_2 - \Delta) K_2^2}{(\sigma_1 - \Delta) K_1^2}$$

K_2 және K_1 арасындағы айырмашылықтың өте аз екенін еске алсақ, бірдей шөгу коэффициенті:

$$\ell = \frac{d_1}{d_2} = \frac{(\sigma_2 - \Delta)}{(\sigma_1 - \Delta)}$$

Мысалы, галенитпен кварцтың суда бірдей шөгу коэффициенті

$$\ell = \frac{d_1}{d_2} = \frac{(7500 - 1000)}{(2600 - 1000)} = 4$$

Осы жолмен бірдей шөгу коэффициентін Стокс формуласы арқылы тапсақ:

$$l = \frac{d_1}{d_2} = \sqrt{\frac{K_2(\delta_2 - \Delta)}{K_1(\delta_1 - \Delta)}} = \left(\frac{\delta_2 - \Delta}{\delta_1 - \Delta}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Ал, Аллен формуласы бойынша:

$$l = \frac{d_1}{d_2} = \sqrt[3]{\left(\frac{\delta_2 - \Delta}{\delta_1 - \Delta}\right)^2}$$

Бірдей шөгу коэффициенті қысыла шөгу жағдайында әрдайым бос шөгу жағдайындағыдан үлкен келеді.

Бірдей шөгу коэффициенті кенді жинағыш столдарда және отсадка процестерімен байыту алдында қандай ірілік кластарға бөлу қажет екенін табу үшін қолданылады.

6.2 Классификация процесі

Минерал түйіршіктерінің суда (не ауада) шөгу жылдамдықтарының шамасына қарай әр түрлі ірілік кластарға бөлінуін **классификация процесі** деп атайды.

Байыту фабрикаларында классификация процесі кеңінен тараған. Ол негізінде мынадай мақсаттармен қолданылады:

1) Ұнтақтау схемаларында көмекші процесс ретінде диірменнен шыққан заттан ұнтақтығы жеткен бөлігін құмды бөлектен бөліп алуға

2) бірдей шөгу принципіне байланысты классификациялау дайындау процесі ретінде кенді жинағыш столдарда байыту алдында жүргізіледі.

3) Пульпадан судың негізгі бөлігін, не керісінше, қатты заттың негізгі бөлігін бөліп алу үшін, демек сусыздандыру процесі ретінде жүргізіледі.

Классификация процесі түйіршіктердің диаметрі 5–4 мм-ден аспағанда ғана тиімді қолданылады. Іс жүзінде классификациялау процесінде қолданылатын аппараттың конструкциясына байланысты су әртүрлі бағыттарда қозғалады. Соған сәйкес, сол бағыттарда ағу жылдамдықтары пайда болады. Егер су бір аппараттарда екі бағытта қозғалса түйіршікке сол екі бағытта туатын жылдамдыққа тең әсерлі жылдамдық әрекетін тигізеді.

Ақырында түйіршіктің құмға түсуі не ағызындыға кетуі тең әсерлі жылдамдықпен оның шөгу жылдамдығының ара қатынасына тәуелді. Шөгу жылдамдығы басым болса түйіршік құмға түседі де, ал судың ағызу жылдамдығы басым болса ол ағызындыға кетеді, демек түйіршіктердің классификациялау процесінде белгілі ірілік класына түсуі сол процестегі судың мол не аздығына байланысты.

Кейбір классификаторларда процестің тиімділігін арттыру үшін, атап айтсақ, түйіршіктердің шөгуін жылдамдату үшін қосымша ортадан тепкіш күш тудырылады. Ол үшін арнаулы әдіспен пульпа айналмалы қозғалысқа келтіріледі (гидроциклондарда), классификациялауда түйіршіктер елеу процесіндегідей әртүрлі кластарға дәл бөлінбейді. Ұсақ класқа кетуге тиіс түйіршіктердің біразы ірі класта, ал ірі түйіршіктердің біразы ұсақ кластарға түседі. Тек камералы гидроклассификаторларда ғана процес дәл жүргізіледі.

Түйіршіктердің ірілік кластарға бөлінуінің дәлдік дәрежесіне көп әсер ететінін жай – пульпаның тығыздығы. Неғұрлым пульпаның бірлік көлемінде түйіршіктер саны аз болса, яғни бос шөгу жағдайы артса, соғұрлым классификациялаудың дәлдік дәрежесі өседі. Бірақ көпшілік жағдайда пульпа тығыздығы классификациялау мақсатымен емес байыту технологияларының қажетіне байланысты реттеледі.

6.3 Классификаторлар

Кен байыту фабрикаларында классификациялау негізінде төрт түрлі классификаторларда жүргізіледі

1) Конусты классификаторлар. Олар көбінде пульпадан судың не қатты заттың негізгі бөлігін бөліп алуға, яғни сусыздандыру үшін қолданылады.

2) Камералы гидроклассификаторлар ұнтақталған кенді кейбір гравитациялық процестермен (мысалы, концентратциялау столдарында) байыту алдында бірдей шөгу принципімен бірнеше кластарға бөлуге қолданылады.

3) Механикалық классификаторларда заттың ұнтақтығы жеткен бөлегі ағызындыға, ал ұнтақтығы жетпеген бөлегі құмға түседі. Фабрикаларда олар негізінде ұнтақтау схемаларында қолданылады.

Пульпаның тығыздығы деп оның ішіндегі қатты заттың массасының жалпы пульпа массасына қатынасын атайды. Ол әдетте процентпен беріледі.

4) Гидроциклондарда пульпа құмға және ағызындыға бөлінеді. Кейде олар басқада мақсаттармен қолданылады. Қазіргі кезде олар ең көп тараған классификатор болып отыр.

Конусты классификаторлар басқалармен салыстырғанда ең қарапайымы. Классификациялауға түсетін заттың ірілігіне қарай олар құмды және шламды типтерге бөлінеді. Олардың конструкциялары бірдей деуге болады. Тек шөккен затты шығару әдісі әртүрлі келеді.

30 а-суретте құмды конусты классификатордың схемалық көрінісі келтірілген. Оның корпусы (1) қозғалмайтын төңкерілген конус пішімді. Жоғарғы ернеуіне ағызынды түсетін шеңберлі науа (желоб) (2) орнатылған.

Пульпа конустың дәл орталығына орналасқан құбыр (3) арқылы түседі. Шөккен зат конустың төменгі ұшындағы тесік арқылы шығарылады.

Пульпа түсетін орталық құбырдың төменгі шеті ағызынды шығатын бет деңгейден төмен орналасады. Соның нәтижесінде пульпа беті шайқалып иірімделмейді де классификациялау режимі бұзылмайды. Құм шығатын төменгі тесіктің диаметрі пульпа түсетін құбырдың диаметрінен бірсыпыра кіші және ол тесіктің негізгі құмды затпен толуына байланысты шығатын су көлемі аз. Соның нәтижесінде бастапқы пульпадағы судың негізгі көлемі құйындыға кетеді. Ол осы ретте белгілі траекториямен қозғалады. Пульпа түсетін құбырдың төменгі шеті біраз тереңдікте орналасқандықтан су конус ернеуінен асып төгілуі үшін жоғары көтеріледі, демек жоғары көтерілу ағымы пайда болады. Түйіршіктердің шөгуі не ағызындыға кетуі олардың шөгу жылдамдығымен көтерілу ағым жылдамдығының ара қатынысына байланысты. Егер шөгу жылдамдығы артса түйіршік шөгіп құмға кетеді не керісінше, көтерілу ағым жылдамдығы басым болса ағызындыға түседі.

Сонымен, ағызындыға шығатын түйіршіктердің диаметрі көтерілу ағым жылдамдығымен анықталады. Ал оған шығатын судың көлемі конустың бет ауданымен байланысты.

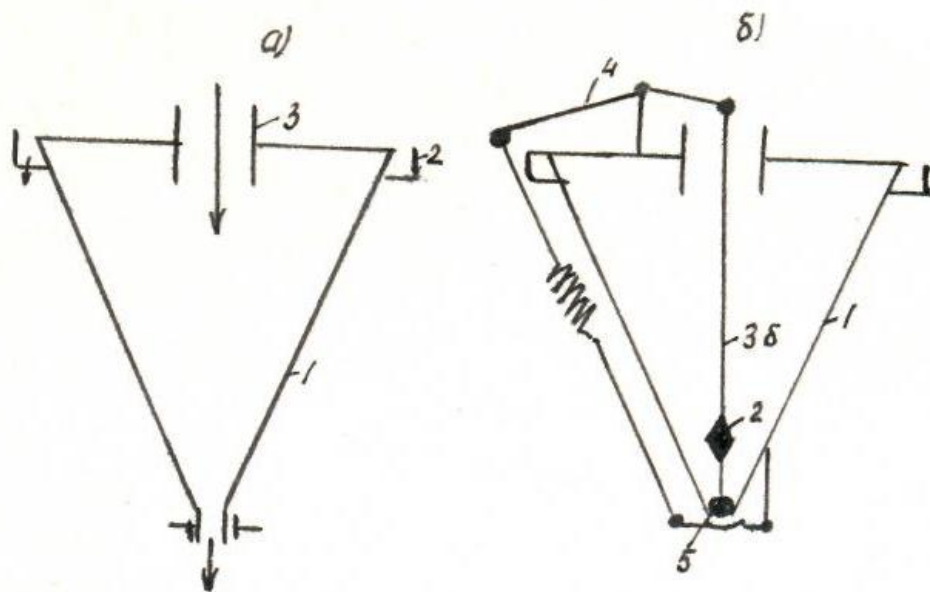
$$v = V / S, \text{ м/мин}$$

мұнда V – ағызындыға шығатын судың көлемі, $\text{м}^3/\text{мин}$
 S – конусты бет ауданы, м^2 .

Конустың бет ауданы өзгермейді деп есептесек көтерілу ағым жылдамдығын екі әдіспен өзгертуге болады; 1) құм шығатын тесіктің диаметрін үлкейту не кішірейту арқылы; ол кішірейтілсе ағызындыға шығатын су көлемі өсіп, көтерілу жылдамдығы артады. Соның нәтижесінде ағызындыға шығатын түйіршіктердің диаметрлері ірілейді. Егер тесік диаметрі үлкейтілсе, жоғары келтірілген көрсеткіштер керісінше өзгереді; 2) сол көрсеткіштерді конуске түсетін судың көлемін өзгерту арқылы реттеуге болады.

Конусты классификаторлардың құндылығы олардың қарапайымдылығында. Бірақ олар үлкен көлемді аппараттар және затты ірілік кластарға бөлу дәлдігі өте төмен. Осыған байланысты олар негізінде сусыздандыру процесі ретінде қолданылады.

Шламды конусты классификаторлар (30 б –сурет) өте ұсақ түйіршікті (шламды) пульпаға қолданылады. Олардың ерекшелігі сол құмды фракция шығатын тесік – тек оқтын–оқтын ғана ашылады. Ол үшін конус ішіне тартқыш (3) арқылы рычагтар (4) жүйесімен жалғастырылған қалқығыш (2) орнатылған. Төменгі тесік ашылу арасында клапанмен (5) жабылып тұрады. Түйіршіктердің шөгу нәтижесінде конустың төменгі бөлігінде пульпаның тығыздығы артады. Ол белгілі шамаға жеткенде қалқығышқа қысым жасап оны көтереді. Соның нәтижесінде рычаг жүйесі қозғалысқа келтіріліп клапан ашылады да шөккен зат шығарылады, сол кезде қалқығыш қайта орнына түседі, клапан жабылады.



30 – сурет. Құмды (а) және шламды (б) конусты классификаторлардың схемалы көрінісі.

1 – корпус, 2 (а) – шеңберлі науа, 2 (б) – қалқығыш, 3 (а) – түсіргіш құбыр, 3 (б) – тартқыш, 4 – рычаг, 5 – клапан.

Шламды конустың кемшілігіне оның көлемділігімен бірге құмды фракция үзілінді шығарылуын жатқызуға болады.

Камералы гидрокласификаторлар (КГ) негізінде 4–6 камерадан тұрады (31 – сурет).

Оның корпусы 1 пульпаға ағу бағытына қарай жалпақталған науадан тұрады. Науаның түбі пирамидальды камералармен (2) бітеді. Әр камераның түбі су түсетін және сол камерада шөгетін затты шығаратын құбырмен (3) бітеді. Пирамидальді камераларда шөгетін затты қопсытып тұру үшін әр камерада науаның тік бойына іші қуыс вал (4) орнатылған. Оның төменгі жағының сыртына араластырғыштар бекітілген. Қуыс вал науаның ұзын үстіне орнатылған горизонталь валдан червякті механизм арқылы бір қалыпты аз жылдамдықпен айналып тұрады. Қуыс вал ішіне стержень (5) орнатылған. Оның төменгі ұшына суды төмен ағызбайтын клапан (6) орнатылған. Стерженнің жоғарғы ұшы червякпен жалғасады да, арнаулы тетікпен белгілі уақыт өткен кезде аз сәтте жоғары көтеріліп отырады. Осы кезде клапан бірге көтеріліп, ол жауып тұрған тесік ашылып, шөккен зат шығарылады. Соның нәтижесінде шөккен зат үлкен тығыздықпен шығады. Клапанның оқтын-оқтын аз уақытқа ғана ашылуы нәтижесінде құбырға түскен сутек жоғары көтеріле ағады.

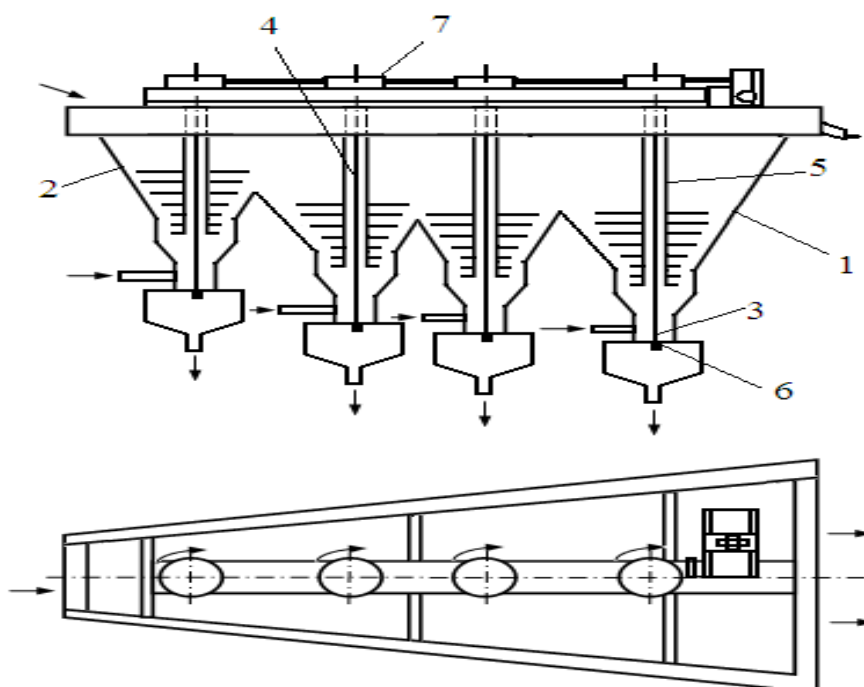
Әр камераның түбінен берілетін (құбырға) су шығыны сол камерада алынатын кластың ірілігіне байланысты алдын-ала есептелінеді. Ол үшін алдымен бірдей шөгу коэффициенті анықталып, алынатын клас іріліктері белгіленеді. Мысалы, алғашқы заттың ірілігі -3+0 мм болсын. Есептелінген

бірге шөгу коэффициенті 2-ге тең делік. Сонда алынатын кластардың ірілігі былай табылады:

$$3 : 2 = 1,5, \text{ I класс ірілігі } -3+1,5 \text{ мм}$$

$$1,5 : 2 = 0,75, \text{ II класс ірілігі } -1,5+0,75 \text{ мм}$$

$$0,75 : 2 = 0,375, \text{ III класс ірілігі } -0,75+0,375 \text{ мм}$$



31 – сурет. Төрт камералы гидравликалық классификатордың схемалы көрінісі: 1–корпус; 2–пирамидальды камера; 3–шөккен затты шығаратын құбыр; 4–қуыс вал; 5–стержень; 6–клапан; 7–червякті механизм.

Осыдан кейін әр класс үшін шөгу жылдамдығы (яғни судың көтерілу жылдамдығы) есептеледі. I класс үшін 1,5 мм; II класс үшін 0,75 мм және тағы сол сияқты әр кластағы ең кіші диаметр есепке алынады. Табылған жылдамдықтарды (V) және су түсетін құбырлардың диаметрлерін біле отырып әр камераға жіберілетін су шығыны есептеледі:

$$Q = V \cdot S, \text{ л/мин.}$$

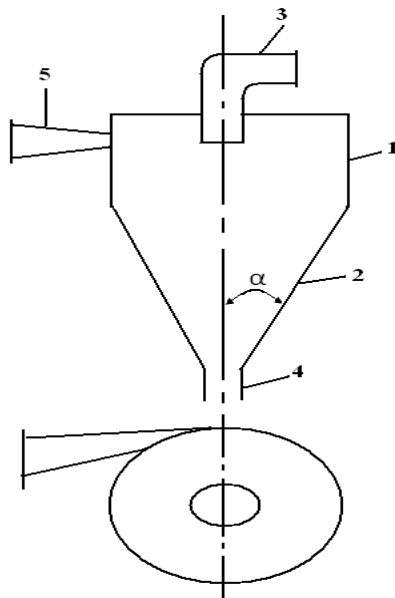
$$\text{мұнда } S = \pi \cdot d^2 / 4 - \text{қимасының ауданы, м}^2$$

Әр камерада шөгу жылдамдықтары судың көтерілу жылдамдығынан аз түйіршіктер ағып келесі камераға түссе, шөгу жылдамдықтары басым түйіршіктер батып камера түбіне түседі.

Бірге шөгу принципімен классификациялау арқылы алынған кластардың ерекшеліктері сол – әр класс ішінде тығыздығы үлкен минералдың барлық түйіршіктерінің диаметрлері тығыздығы төмен

минералдың барлық түйіршіктерінің диаметрлерінен кіші болады. Осылай классификациялаудың, мысалы, кенді концентрациялау (жинағыш) столдарында байыту үшін маңызы зор.

Гидроциклонның корпусы екі бөліктен тұрады: жоғары бөлігі цилиндр (1) пішінді, ал төменгі бөлігі конус (2) пішінді келеді (32 – сурет).



32 – сурет. Гидроциклонның схемалы көрінісі:

1–корпустың цилиндрлі бөлігі; 2–корпустың конусты бөлігі;
3–ағызынды патрубкі; 4–құм патрубкі; 5–пульпа түсетін құбыр.

Цилиндрлі бөлігінің диаметрі 50-1400 мм-ге жетеді. Конустық бұрыштың (α) мөлшері 20° . Цилиндрлі бөлігінің беті ортасында тесігі бар қақпақпен жабылған. Осы тесікке ағызынды шығатын патрубкі (3) орнатылған. Конустың төменгі түбінде шөккен құм шығатын тесік бар. Оған алынып салынатын патрубкі (4) орнатылады.

Гидроциклонға пульпа насостың айдау қысымымен корпусың цилиндрлі бөлігіне жанама орнатылған (тангенциально) құбыр (5) арқылы түседі. Соның нәтижесінде пульпа айналмалы қозғалысқа келеді, ол ортадан тепкіш күшті пайда етеді. Ағызынды шығатын патрубкінің диаметрі құм шығатын патрубкі диаметрінен көп үлкен. Сондықтан судың негізгі массасы ағызынды патрубкі арқылы көтеріледі. Соның нәтижесінде көтерілу ағымы пайда болады. Сонда әр түйіршікке үш күш әсер етеді: салмақ күші, ортадан тепкіш күш және жоғарғы ағын күші. Түйіршіктің ағызындыға не құмға кетуі үш күшке тең әсерлі күштің бағытына байланысты. Ірі және тығыздығы үлкен түйіршіктерге ортадан тепкіш күшпен салмақ күші әсер етеді де олар құмға түседі, ал ұсақтарына ағым күші басым әсер етеді де ағызындыға шығады. Сонымен, құмға не болмаса ағызындыға шығатын түйіршіктер ірілігін бірнеше факторларды өзгерту арқылы реттеуге болады. Оларға жататындар: гидроциклонға түсетін пульпаның қысымы, пульпаның

тығыздығы, ағызынды патрубогінің және құм патрубогінің диаметрлері. Іс жүзінде көбінде тек құмды патрубок диаметрі өзгертіледі. Оның диаметрі кішірейтілсе көтерілу ағын жылдамдығы өседі де ағызындыға шығатын түйіршіктер диаметрі үлкейеді және керісінше. Гидроциклон байыту фабрикаларында классификациялау мақсатымен ең көп тараған аппаратқа жатады. Олардың артықшылығы – диаметрімен биіктігі үлкен емес, сондықтан аз жер алады. Көбінде олар диірменнің кен түсер жағына жоғары биіктікке орнатылады. Диірменнен шыққан зат насоспен гидроциклонға айдалынады. Одан шыққан құм өздігінен ағып диірменге түседі де, ағызынды не келесі ұнтақтау стадиясына не байыту процесіне бағытталады. Олардың кемшіліктері – пульпаның белгілі қысыммен түсіру үшін насос қолданудың қажеттілігі.

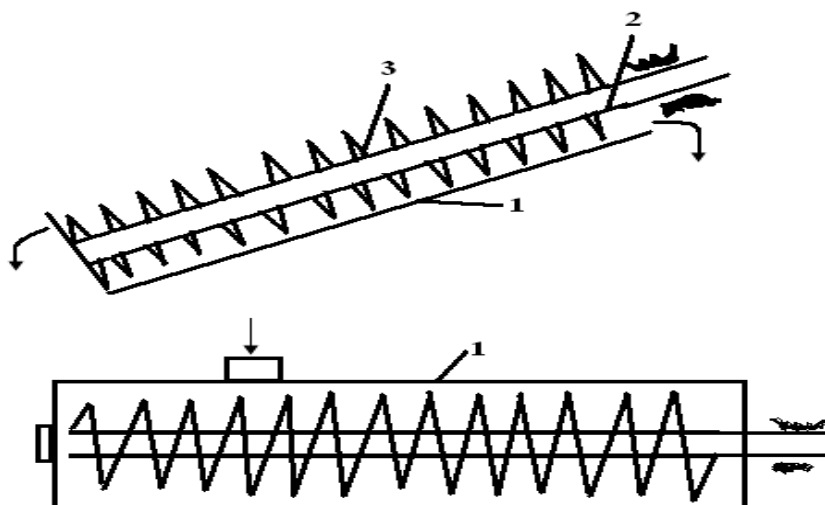
Гидроциклондар жоғары және төмен қысымды болып екіге бөлінеді. Біріншілерінде, түсетін пульпа қысымы мөлшері 0,25-0,35 МПа болса, екіншілерінде ол 0,03-0,05 МПа-ға тең.

Механикалық классификаторда шөккен құм қозғалмалы қондырғының әрекетімен шығарылады. Олардың ішінде байыту фабрикаларында ең көп тарағаны спиральді классификаторлар.

Спиральді классификаторлардың корпусы жарты цилиндр пішінді қиғаш орнатылған ұзын науадан (1) тұрады (33–сурет). Оның жоғарғы басы ашық, ал төменгі басы жабық, науа ішіндегі валға (2) спираль (3) орнатылған. Ол баяу жылдамдықпен айналмалы қозғалыста болады. Бастапқы пульпа науаның ұзын бойының орта шеніне қабырғасындағы тесік арқылы түседі. Пульпаның негізгі науаның төменгі жағына жиналады да түйіршіктердің жіктелуі басталады. Спираль науаның түбіне тимейтін етіліп орналасқан. Сондықтан науа қозғалыссыз жататын құм қабатымен қажалудан сақталынып тесілмейді. Құмның негізгі қалың қабатын спираль өзінің айналу бағытына сәйкес үздіксіз жоғары жылжытып ақырында науаның ашық басынан асырып шығарады. Ағызынды науаның төменгі жабық басынан асып төгіледі, яғни түйіршіктерге салмақ күшінен басқа жоғары көтерілетін ағын күші және горизонталь жазықтықта ағызу күштер әсер етеді. Түйіршіктердің науа түбіне шөгіп құмға кетуі, не болмаса ағызындыға кетуі келтірілген үш күштің ара қатынастарына байланысты. Шешуші роль атқаратындар: салмақ күшімен жоғары көтерілетін ағын күші.

Егер салмақ күші басым болса түйіршік құмға кетеді де, ал жоғары көтеретін ағын күші басым болса ол ағызындыға кетеді. Іс жүзінде түйіршіктердің құмға не ағызындыға кетуі жоғары көтеретін ағын күшін өзгерту арқылы реттеледі. Ол үшін классификаторға түсетін су көлемі өзгертілмейді: неғұрлым су көп берілсе соғұрлым жоғары көтерілу ағын күші және горизонталь жазықтықта ағызу күші өседі де ағызындыға кететін түйіршіктердің диаметрі үлкейеді. Егер диірменнен шыққан пульпаның тығыздығы орташа 75 % болса, классификаторға түсетін пульпаның тығыздығы қосымша су беру нәтижесінде 40–50 %–ке дейін төмендейді. Пульпаның жіктелуі нәтижесінде бөлінетін құмның тығыздығы 75–85 %

болса, ағызындының тығыздығы қосылатын судың көлеміне байланысты 20–40 % мөлшерінде өзгереді.



33 – сурет. Спиральді классификаторлардың схемалық көрінісі:
1–науа; 2–вал; 3–спираль.

Спиральді классификаторлар бір спиральді не екі спиральді болып жасалады. Ақырғысында екі спираль бір науа ішінде қатар орналасады. Олардың өнімділігі бір спиральді классификаторлармен салыстырғанда бірсыпыра жоғары. Сондықтан жоғарғы өнімді байыту фабрикаларында көбінде екі спиральді классификаторлар қолданылады.

Бұл классификаторлардың тағы бір ерекшелігі бар. Ағызындыға шығатын заттың ұнтақтығы науа ішіндегі пульпаның тереңдігіне байланысты, ал ол науаның төменгі басының биіктігімен анықталады: неғұрлым ол биік болса тереңдік артады да, ал аласа болса, керісінше, таяздайды (34 – сурет).

Пульпаның тереңдігі артқан сайын ағызындыға шығатын заттың ұнтақтығы молаяды. Осыған байланысты спиральді классификаторлар екі түрде жасалады: төменгі басы аласа болса олар батпаған спиральді (спиральдің төменгі ақырғы орамы пульпаға тек жартылай батқан) болып (34,а – сурет), ал төменгі басы батқан болса батқан спиральді классификатор болып аталады (34, б – сурет). Спиральді классификаторлардың кеңінен таралуына себеп болған жайлар мыналар: конструкциялары қарапайым, кенеттен тоқтаған жағдайда (мысалы, энергия беру үзілісі кезінде) оны қайтадан жіберу үшін спиральді құмнан тазалаудың қажеті жоқ, себебі спираль арнаулы қондырғымен көтеріледі де қайтадан біртіндеп төмендетіледі; құм диірменге аздаған сумен шайылып түсіріледі. Олардың басты кемшілігі – көп жер алады және құмға майда зат (шлам) көбірек кетеді. Осының нәтижесінде кейіннен олар гидроциклондармен ауыстырыла бастады.

Спиральді классификаторлардың өнімділігі эмпирикалық формулалармен анықталады. Мысалы, батпаған спиральді классификатордың өнімділігі шығарылатын құм массасы арқылы және ағызынды

$$C_K = 5.45 \cdot m \cdot D^3 \cdot \pi \cdot K_\beta \cdot K_\alpha$$

массасы арқылы есептеледі.

$$Q = 4,55 \cdot m \cdot D^{1.76} \cdot K_\beta \cdot K_\sigma \cdot K_c \cdot K_\alpha$$

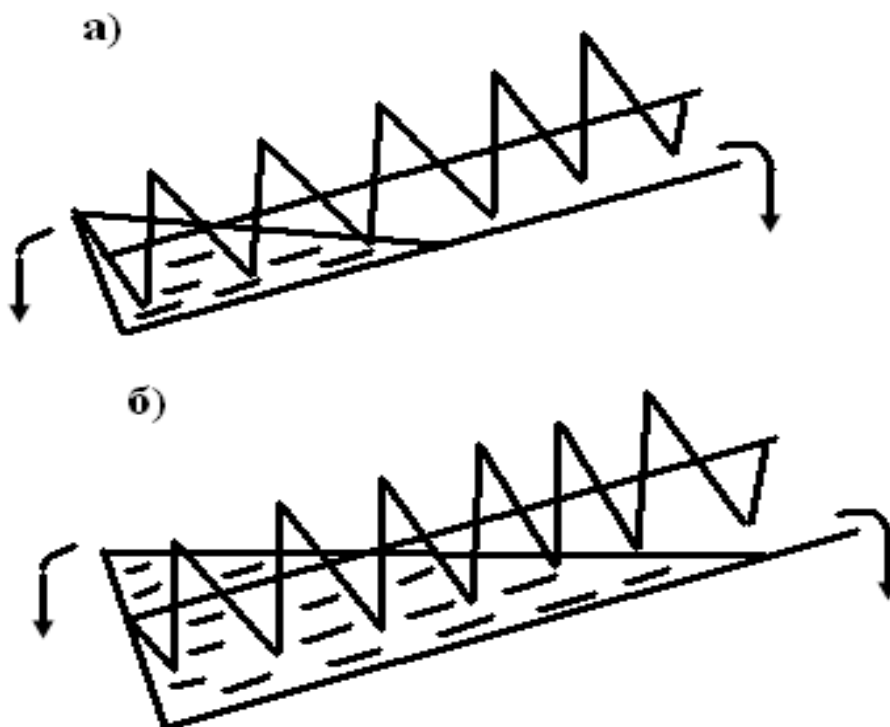
мұнда, Q – өнімділік, т/с;

m – спираль саны;

π – спиральдің айналу саны;

K_β , K_σ , K_c және K_α – ағызындының майдалылығы, пульпаның тығыздығы, науаның көлбеулігін есепке алатын коэффициенттер;

D – спираль диаметрі, м.



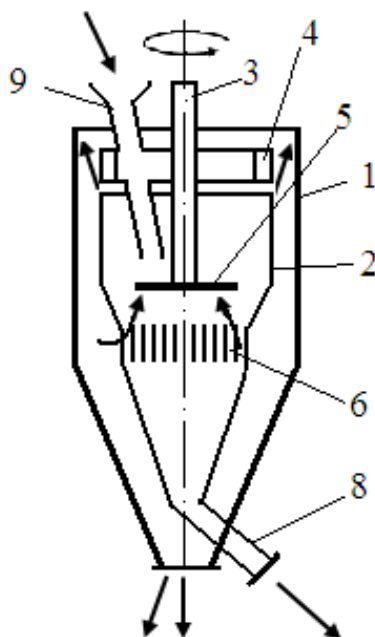
34 – сурет. Батпаған (а) және батқан (б) спиральді классификаторлардың схемалық көрінісі

Тәжірибе жүзінде келтірілгендерден басқада классификаторлар қолданылады (гидроаппараттар, элеваторлы классификаторлар және басқалары). Бірақ олардың әрқайсысы тек белгілі бір жағдайларда ғана тиімді пайдаланылады. Сондықтан байыту фабрикаларында сирек қолданылады.

Жоғарыда сипатталған классификаторлар жалпы *гидроклассификаторлар* деп аталады. Себебі оларда түйіршіктерді бөлу сулы ортада жүргізіледі.

6.4 Ауада классификациялау

Түйіршіктердің ірілі – ұсақтық фракцияларға бөлуді ауада да жүргізуге болады. Ауада классификациялау негізінде тек бір жағдайда ғана қолданылады, мысалы, кен құрғақ күйде ұнтақталса, ал одан кейін байыту процесі де құрғақ күйде жүргізілсе. 35 – суретте ортадан тепкіш ауалы бөлгіштің схемалы көрінісі келтірілген. Классификатор сыртқы не ішкі цилиндрлі – конусты корпустан тұрады. Ішкі камера ішіндегі валға (3), желдеткіш доңғалақпен (4) түскен затты айналдыра біркелкі шашатын диск (5) орналасқан. Ұнтақ зат науа (9) арқылы шашқыш дискаға түседі. Осы кезде желдеткіштің соруымен заттың өте ұнтақ бөлігі жоғары көтеріліп (ауа қозғалысының траекториясы стрелкалармен көрсетілген) сыртқы камераға өтіп, классификатордан патрубок (7) арқылы шығады. Ал массасы желдеткіштің сору күшінен артық түйіршіктер ішкі камерада қалып екінші патрубок арқылы шығады. Сыртқы камераға шыққан ұнтақ ауамен қайтадан ішкі камераға кірмейді, себебі сырт камерада ауа жылжамдығы күрт азаяды. Ауамен ілескен ұнтақ жалюзге (тік орналасқан пластиналарға) жабысып қалады да ауа тазаланады.



35 – сурет. Ортадан тепкіш ауалы бөлгіш:

1 – корпус; 2 – ішкі камера; 3 – вал; 4 – желдеткіш доңғалақ; 5 – шашқыш диск; 6 – жалюздер; 7, 8 – шығарғыш патрубоктар; 9 – түсіргіш науа.

7 Гравитациялық байыту әдістері

7.1 Негізгі түсініктер

Пайдалы қазбаларды гравитациялық әдіспен байытуды адамзат көне замандардан бері қолданып келеді. Бұл әдіспен минералдарды бөлу олардың

түйіршіктерінің белгілі ортада (суда не ауада) шөгу жылдамдықтарының арасындағы айырмашылыққа негізделген. Ал шөгу жылдамдығы түйіршіктердің массасына байланысты. Массаны анықтайтын параметрлер (өлшемдер): минералдардың тығыздығы және түйіршіктердің диаметрлеріне байланысты көлемі. Кейінгі параметр өзгермелі өлшем, ал тығыздық әр минералға тәуелді өзгермейтін қасиет. Осыған байланысты гравитациялық байыту әдісі минералдардың тығыздық қасиетіне негізделген.

Бұл әдісте түйіршіктердің шөгуі әртүрлі ортада жүргізілуі мүмкін, мысалы, суда, ауада және ауыр ортада. Іс жүзінде кенді гравитациялық байыту әртүрлі процестерді қолдану арқылы жүргізіледі. Оларға жататындар: отсадка, концентрациялау (жинағыш) столдарда байыту, шлюздерде және винтті бөлгіштерде байыту, ауыр ортада байыту және тағы басқалары. Олардың барлығы минералдардың тығыздықтарының арасындағы айырмашылыққа негізделгенмен әр түрлі жағдайларда және әртүрлі аппараттарда жүргізіледі.

Гравитациялық байытуда көптеген процестердің қолданылуына себеп болатын негізгі жай – байытуға түсетін қазбаның ірілі – ұсақтылығының кең шекте өзгеруі. Мысалы, түйіршіктердің диаметрлері 0,1 мм–ден 300 мм–ге дейін жетеді. Ал ұсақ және ірі кесектердің бәрін тек бір ғана процеспен жоғарғы өнімділікпен байыту мүмкін емес. Соған байланысты гравитациялық әдістің эволюциялық дамуында әртүрлі процестер табылып іске қосылып отырды. Төменгі кестеде әртүрлі процестер қандай ірілік шегінде қолданылатыны келтірілген.

Келтірілген деректерден отсадкамен және ауыр ортада байыту үлкен диаметр шек аралығында қолданылатынын көреміз. Ал шындығында бұл процестерде әр түрлі ірілікке сәйкес әртүрлі аппараттар қолданылады. Тек сөйтіп қана әртүрлі ірілікті зат өнімді байытылады. Ол жайларға әр процесті жеке қарағанда тоқталамыз.

3 – кесте

Процестер	Отсадка	Концентрациялау столы	Шлюздер байыту	Винтті бөлгіш түрде байыту	Ауыр ортада байыту
Ірілік, мм	0,2 – 100	0,1 – 3,0	0,1 – 20	0,1 – 10	0,2 – 300

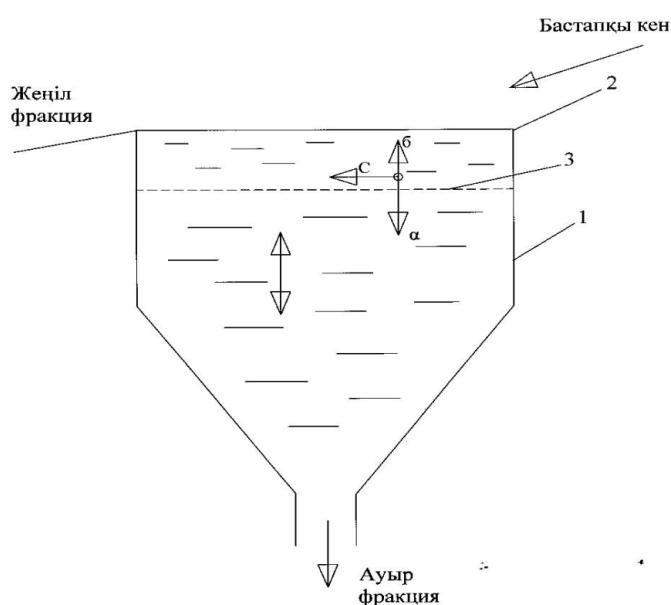
7.2 Отсадка

Гравитациялық байыту процесінің ішінде отсадка ең жиі қолданылатын және ең өнімді процесс. Егер кен байытылса отсадканы 0,2–50 мм аралығында, ал көмір байытылса 0,5 – 200 мм аралығында қолдануға болады.

Отсадка деп әртүрлі минералдар түйіршіктерінің (кесектерінің) тік бағытта жоғары-төмен қозғалатын су не ауа әсерімен тығыздықтарына қарай бөліну процесін атайды. Отсадкалау процесінің (сол сияқты барлық байыту процестерінің) негізін түсіну үшін қажетті жай-сол процесте минерал

түйіршіктеріне қандай күштер әсер ететінін білу керек. Әр түрлі минералдар түйіршіктерінің бір-бірінен жақсы бөлінуі соларға әсерлерін тигізетін күштердің айырмашылығына байланысты.

Неғұрлым олардың айырмашылығы үлкен болса, соғұрлым минералдар түйіршіктері жақсы бөлінеді. Енді отсадка процесінде қандай күштердің және басқада факторлардың түйіршіктерге тигізетін әсерін талдайық. Отсадкалауда қолданылатын машиналардың қай түрі болмасын ішінде су тұратын камерада тұрады. Камера ішінде тор орналасқан. Су арнаулы қондырғымен тік бағытта жоғары-төмен бағытта шайқалмалы қозғалысқа келтіріледі. Бастапқы зат (кен) сумен араласа тор бетіне түседі. Осы жағдайда минерал түйіршіктеріне қандай күштер әсер ететіні схемалық түрде 36 – суретте көрсетілген.



36 – сурет. Отсадкалау процесінде әрекет ететін күштер бағыты: 1–камера; 2–түсіргіш науа; 3–тор; а–салмақ күші; б–судың көтеру күші; с–судың ағызу күші көрсетілген (1–жеңіл түйіршік, 2–ауыр түйіршік).

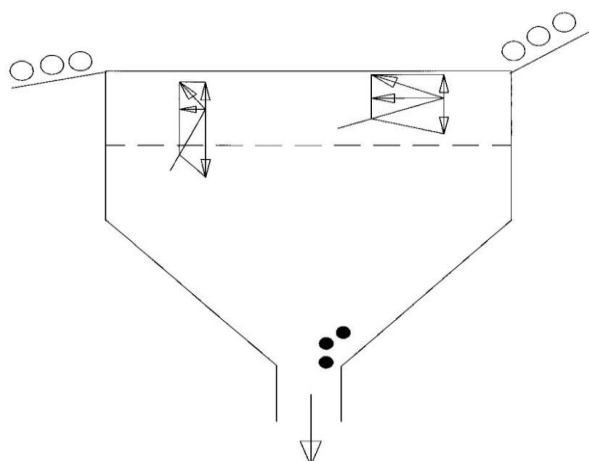
Бірінші күш-салмақ күші "а". Ол минерал түйіршігінің тығыздығымен көлемі (диаметріне байланысты) және Архимед заңына анықталатыны белгілі. Екінші күш судың жоғары бағытта қозғалысынан туатын оның көтеру күші "б". Үшінші күш-бастапқы затпен бірге түсетін судың горизонталь бағытта ағызу күші "с".

Сонда түйіршіктің тор үстінде қозғалу бағыты осы үш күшке тең әсерлі күштің бағытына сай болады. 37 – суретте салмағы екі түрлі түйіршіктерінің әртүрлі күштер әсерінен екі түрлі бағытта қозғалатыны көрсетілген.

Жеңіл түйіршіктер (кесектер) төмен шөкпейтін бет (жоғарғы) қабаттарда жиналады, ал ауырлары төмен бағытта жылжып, астыңғы қабатқа жиналады. Міне, осылай екі қабатқа бөлініп жиналған әртүрлі минералдар түйіршіктерін камерада үздіксіз шығарып отыру қажет. Жеңіл минерал жиналған үстіңгі қабат отсадкалау машиналарының барлық түрінде

бастапқы затпен бірге түсетін судың ағызу күшімен камераның екінші басынан асып шығады.

Төменгі қабатта жиналған ауыр минерал түйіршіктері (кесектері) бастапқы заттың ірілігіне байланысты екі түрлі әдіспен камераның түбіне түседі. Егер түйіршік 5 мм-ден артпаса онда олар тордың тесігі арқылы өтеді де, ал одан ірі зат байытылса төменгі қабат тор тесігінен емес, әдейі жасалған үлкен жарықша тесіктен өтіп жиналады. Камера түбіне жиналған зат көбінде шөмішті элеватор арқылы үздіксіз шығарылып отырады.



● – Ауыр тығыздықты минерал

○ – Жеңіл тығыздықты минерал

37 – сурет. Отсадкалауда әртүрлі тығыздықты минерал түйіршіктеріне күштердің әрекет ету схемасы:

- – ауыр тығыздықты минерал; ○ – жеңіл тығыздықты минерал.

Төменгі қабатқа жиналып шығатын өнім *ауыр фракция*, ал үстіңгі қабатқа жиналатын өнім *жеңіл фракция* деп аталады. Егер кен байытылса ауыр фракция концентрат ретінде алынады. Себебі құрамында бағалы зат бар минералдың көбінің тығыздығы тау жыныс минералдарының тығыздығынан артық болады. Егер көмір байытылса жеңіл фракция концентрат ретінде алынады. Себебі көмірдің тығыздығы (1,2-1,4) барлық минералдардың тығыздығынан аз.

Отсадка процесінің (сол сияқты басқада барлық байыту процестерінің) тиімділігі концентратқа шығатын бағалы заттың шығымымен ғана емес, сонымен оған «бөтен» минералдар көп не аз шығуымен анықталады. Отсадканың тиімділігіне бірден-бір әсер ететі фактор – оған түсетін бастапқы заттың (кен не көмір) ірілігі. Әдетте, бастапқы заттың ірілігі артқан сайын процестің тиімділігі өседі. Керісінше, оның ірілігі төмендеген сайын процестің тиімділігі төмендейді. Сондықтан ұсақ зат отсадкаланғанда процестің тиімділігін жоғарылату үшін арнаулы жағдай жасалынады: тордың үстіне тығыздығы бастапқы зат ішіндегі ауыр минералдардың тығыздығынан аз, ал жеңіл минералдың тығыздығынан жоғары арнаулы зат түйіршіктері салынады. Ол зат *жасанды төсеніш* деп аталады. Оның түйіршіктерінің

диаметрі тордың тесігінің диаметрінен үлкен болуы керек. Енді оның атқаратын рөлін қарастырайық. Төсеніш түйіршіктеріне де жоғарыда көрсетілген күштер әсер етеді. Соның нәтижесінде төсеніш түйіршіктері тығыздықтарына сәйкес жеке қабат жасайды. Ол қабат ауыр және жеңіл фракциялар жасайтын қабаттардың аралығына орналасады. Соның нәтижесінде жоғарғы қабаттағы (жеңіл фракция) түйіршіктердің төменгі қабатқа өтуі қиындайды да ауыр фракция (концентрат) сапасы артады. Астыңғы қабатқа төсеніш арқылы тек ауыр түйіршіктер ғана өтеді. Жасанды төсеніш ретінде әртүрлі заттар қолданылады.

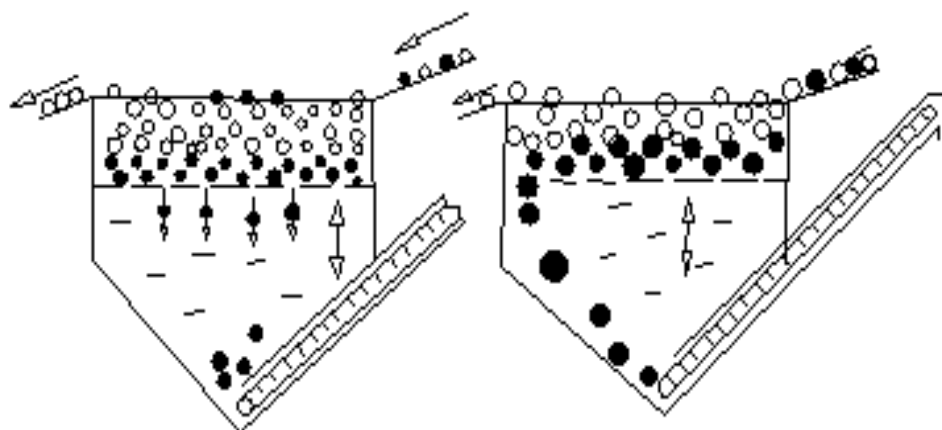
Олар минералдар, табиғи және жасанды заттар болуы мүмкін. Тек ол заттың тығыздығы байытылатын кен құрамындағы минералдардың тығыздығына айрықша болса болады.

Ірі кесекті зат байытылғанда жасанды төсеніш қолданылмайды, ол кен кесектерінің өзінен пайда болады. Оның мәнісі мынада. Ірі кесекті кен байытылғанда көпшілік жағдайда бірден даяр коцентрат алу мақсаты емес, тек кеннен тау-жыныс минералдарының негізгі массасын бөліп шығару мақсаты қойылады. Ол үшін кен құрамындағы минералдарды бірінен бірін толық ажыратудың қажеті жоқ. Кен тек тау жыныс минералдарының денінің ажырап босауына мүмкіндік беретін ірілікке дейін ғана ұсатылады. Бұл жағдайда бағалы минералдар толық ажырамай, бірсыпырасы тау-жыныс минералдарымен біртұтас күйде қалады. Демек, процеске түсетін кенде таза тау-жыныс минералдарынан тұратын кесектер тек бағалы минералдардан тұратын кесектер және әлі де ажырамай тұтасқан күйде қалған кесектерде кездеседі. Ондай кесектерден тығыздығы құрамындағы бағалы (ауыр) минералдың мөлшеріне қарай өзгереді: неғұрлым көп болса соғұрлым кесектің тығыздығы артады және керісінше. Осының нәтижесінде тор үстінде кесектер тығыздығына қарай үш қабатқа жіктеледі. Ең астында ауыр минералдар кесектері, ең үстіңгі жеңіл минерал кесектері, ал ол екеуінен де тұратын кесектердің тығыздығы екі аралықта болғандықтан олар ортаншы қабатқа орналасып, төсеніш ролін атқарады.

Жоғарыда ұсақ кен байытылғанда үстіңгі және астыңғы қабаттардың машинадан үздіксіз қалай шығарылатыны көрсетіледі. Мұнда жасанды төсеніш еш қайда кетпей үнемі тордың үстінде қалады. Ал ірі кесекті кен байытылғанда ортадағы қабат орнында қалмайды, олда үздіксіз шығарылып отырады. Ол жеке шығарылу үшін көпшілік жағдайда екі не үш камерада тұратын отсадкалық машиналар қолданылады. Бірінші камерада тек астыңғы қабат бөлініп, жоғарғы қабаттар екінші камераға түседі. Мұнда орта тығыздықты кен кесектері астыңғы қабатқа жиналып, жеңіл кесектер үстіңгі қабатта болып, екі қабат жоғарыда көрсетілгендей (38-сурет, б) түрде бөлінеді.

Соның нәтижесінде бастапқы кеннен үш өнім алынады: ауыр фракция (концентрат), жеңіл фракция (қалдық) және орта тығыздықты фракция. Кейінгі фракцияны одан әрі құрамындағы минералдар ажыратылғанша ұсақтау не ұнтақтау қажет. Содан кейін байыту процесіне қайта түседі. Ал ауыр фракция даяр концентрат түрінде алынуы мүмкін, егер оның сапасы

төмен болса (тау жыныс минералдар құрамында көп болып) онда ұсақтап барып қайта байыту қажет.



38 – сурет. Ұсақ (а) және ірі кесекті (б) кенді отсадкалауда ауыр фракцияның тор астына түсу жолдары.

Бастапқы кеннен үш өнімді бір камералық машиналарды қолданып алуға да болады. Мысалы алдымен кеннен тек ауыр фракция бөлініп, ал орта тығыздықты кесектерді жеңіл фракциямен бірге алады. Бұл фракция екінші бір камералы машинада қайта байытылып жеңіл және орта тығыздықты фракцияларға бөлінеді. Не болмаса басында кеннен тек жеңіл фракция жеке бөлініп, ал ауыр фракциямен орта тығыздықта бір өнім түрінде алынады да, екінші машинада қайта байытылып өзара бөлінеді. Себебі кенде тау-жыныс минералдар басым болады. Оларды ал дегенде бірден жеңіл фракция түрінде бөлініп, қалдық ретінде шығарып тастағанда екінші фракция азаяды. Демек кейінгі қосымша ұсатуға аз материал түседі. Ол үшін қолданылатын аппараттар саны азаяды, жалпы жұмсалатын шығын көлемі төмендейді.

Технологиялық процесті жүргізгенде қойылатын мақсат неғұрлым бағалы затты концентратқа толығырақ бөлу және оның сапасын жоғары болуы, демек концентратта тау-жыныс минералдардың аз қалуы қажет. Бұл мақсат негізінде концентраттың шығымын реттеу арқылы іске асады. Неғұрлым концентраттың шығымы көп болса, соғұрлым, әрине бағалы зат көбірек алынады. Бірақ оған керексіз минералдарда көбірек шығады, сапа төмендейді және, керісінше, сондықтан концентрат шығымы қандай дәрежеде болуы қажеттілігі тәжірибе жүргізу арқылы анықтау керек. Анықталған шығым мөлшерін процесс жүргізу кезінде дәл реттеп отыру қажет. Ол мақсат сол процеске әсер ететін барлық факторларды дұрыс реттеу арқылы іске асады. Енді қысқаша соларды талдайық.

Жоғарыда әр түйіршікке (кесекке) үш күш әсер ететіні көрсетілді. Бірінші күш – кесектердің салмағы. Неғұрлым кіші және үлкен тығыздықты минералдар кесектерінің салмақтары арасындағы айырмашылық үлкен болса, соғұрлым олар бір-бірінен жақсы бөлінетіні сөзсіз. Ол үшін әртүрлі минералдар кесектерінің диаметрі (яғни көлемі) бірдейлікке жақын болуы

кажет. Сонда ғана олардың тығыздықтарының арасындағы айырмашылықтың рөлі арта түседі. Осы шартқа қалай жетуге болады? Ол үшін бастапқы белгілі ірілікке дейін ұсатылған кен елеуіштер қолдану арқылы әртүрлі ірілік кластарға бөлінеді. Сонда әр клас ішіндегі кесектердің диаметрлерінің арасындағы айырмашылық азая түседі де, олардың массаларының айырмашылығы арта түседі. Демек, ауырлық күші осылай реттеледі. Отсадкалау алдында жүргізілетін елеу процесі кенді байытуға дайындау процесі ретінде жүргізіледі.

Екінші фактор – судың жоғарғы бағытта қозғалу кезіндегі көтеру күші. Ол күш су қозғалғанда қандай қашықтыққа көтерілу және бір минутта неше рет сондай қозғалысқа келетінімен анықталады. Осы екі жайдың өзара байланысы бар: неғұрлым үлкен қашықтыққа қозғалса, соғұрлым оның көтерілу жиілігі төмендейді. Көтерілу қашықтығы артқан сайын бұл күш артады. Соның нәтижесінде пайда болатын тең әсерлі күштің бағыты горизонталь бағытқа жақындай түседі. Оның өзі астыңғы қабатқа негізінен тек ауыр минералдар кесектері өтіп, жеңіл минералдар кесектерінің өтуіне мүмкіншілік азаяды. Қорыта айтсақ: фракцияның шығымы сонымен бірге бағалы зат шығымыда азаяды. Бірақ оның сапасы артады және керісінше. Бұл факторды машинадағы арнаулы қондырғы арқылы реттеуге болады.

Үшінші фактор – кенмен бірге түсетін судың ағызу күші. Су шығыны артқан сайын ағызу күші өсіп, кесектердің жылжуы жылдамдайды. Соның нәтижесінде тең әсерлі күштің бағыты горизонталь бағытқа жақындап ауыр фракция шығымы оған бөлінетін бағалы зат шығымы азайып, ал сапа артады. Егер су шығыны азайтылса онда барлығы керісінше өзгереді. Барлық машиналарда камера ішіне үнемі қосымша су беріліп отырады.

Төртінші фактор – жасанды төсеніш қабатының қалыңдығы. Оның қалыңдығы артқан сайын минерал түйіршіктерінің төменгі бағытта қозғалуына кедергі молаяды. Соның нәтижесінде төменгі қабатқа тек ең ауыр минералдар түйіршіктері ғана өтеді. Яғни, ауыр фракция және зат шығымы азаяды, ал сапа көтеріледі.

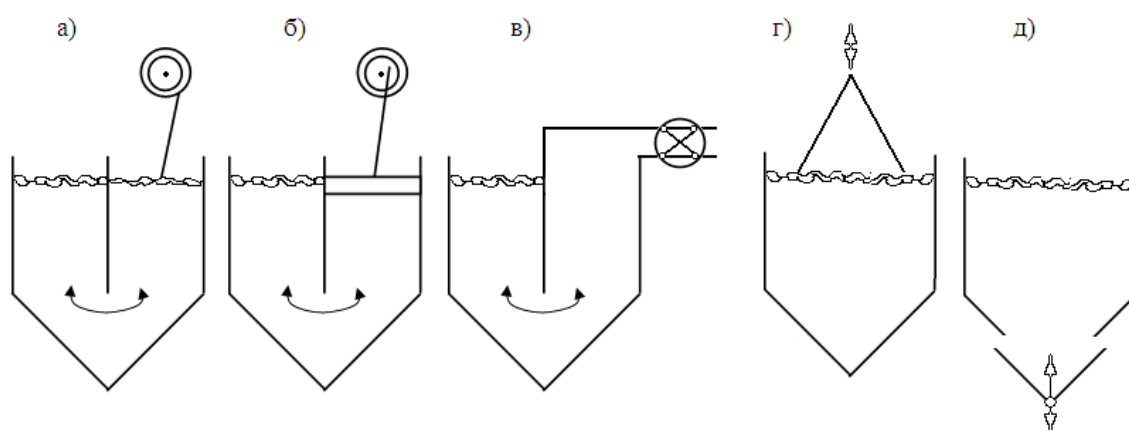
Бесінші фактор – ауыр не жеңіл фракциялардың шығымын олардың камерадан шығу жолдарын өзгерту арқылы көбейту не азайту. Ұсақ кен байытылса, әдетте, фракциялардың шығымы камерадан жеңіл фракция шығатын жерге орнатылған табалдырықтың биіктігін жоғарылату не төмендету арқылы реттеледі. Ол жоғарылатылса тор үстіндегі зат қабатының жалпы қалыңдығы артады. Түйіршіктердің горизонталь бағытта жылжу жылдамдығы азаяды да, олардың төменгі қабатқа түсуіне мүмкіншілік артады. Соның салдарынан жеңіл фракция шығымы азайып, ал ауыр фракция шығымы молаяды. Жеңіл фракция таза алынады да, ал ауыр фракцияға бағалы зат шығымы артады. Бірақ оның сапасы төмендейді.

Міне, технологиялық процестің көрсеткіштерін бірсыпыра факторларды өзгерту арқылы реттеуге болады екен. Сондықтан олардың әрқайсысының мәнін жете білу керек. Іс жүзінде олардың бірнешеуін бірақ, не болмаса кейбіреуін ғана өзгерту арқылы мақсатқа жетуге болады. Көбінде

процесс үстінде үшінші және бесінші факторлар өзгертіледі. Себебі: оларды процесті тоқтатпай-ақ өзгертуге болады.

7.3 Отсадкалау машиналары

Отсадкалау машиналарының көп түрі белгілі. Бірақ барлығының жұмыс принципі бірдей. Олардың негізгі айырмашылығы камерадағы су әрқайсысында әртүрлі әдіспен жоғары төмен қозғалысқа келтіріледі. Осы тұрғыдан олар мынандай типтерге бөлінеді: диафрагмалы, поршенді, поршенсіз (ауа қысымымен жұмыс істейтіндер), қозғалмалы торлы және қозғалмалы түпті машиналар (39 – сурет).



39 – сурет. Отсадкалау машиналарының түрлерінің схемалы көріністері:
а – диафрагмалық; б – поршенді; в – поршенсіз;
г – қозғалмалы торлы; д – қозғалмалы түпті.

Олардың барлығының негізгі бөлшектері: камера, тор, суды қозғалысқа келтіретін қондырғылар және камера түбінен ауыр фракцияны шығаратын қондырғы. Көп типті машиналардың шығуына себеп болған жай кеннің ірілігін, оның минералдарының тығыздығын тағы біраз қасиеттерінің ерекшеліктерін барынша ескеру мұқтажы болды.

Камералар барлық машиналарда бір пішінді: жоғарғы бөлігі төртбұрышты, ал төменгі жағы тайқы, конус тәріздес.

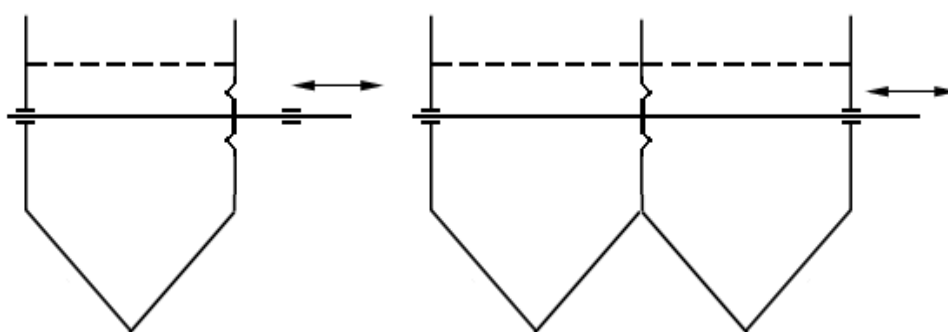
Диафрагмалы және поршенді машиналарда (ал кейде поршенсіз ауамен істейтін машиналарда да) жоғарғы төртбұрышты бөлек екі бөлімшеге бөлінеді. Ол үшін камераның ұзын бойына оны тура екіге бөлетін қалқа орнатылған. Оның төменгі шеті тор деңгейінен төменірек орналасқан (39– а, б, в). Тор осы қалқамен камераның қабырғасы арасында орналасқан. Бұл бөлімшені торлы бөлімше деп аталады. Екінші бөлімшеге диафрагма, не поршень, не ауа түсетін кеңістік орналасады.

Диафрагмалы және поршенді машиналарда суды қозғалысқа келтіру әдісі бірдей. Екеуі де айналмалы валға эксцентrichно орналасқан шатун және онымен қосатын шток арқылы тербетілу қозғалысына келтіріледі. Диафрагма

жұқа темірден жасалынады. Ол қабырғалармен созылғыш резеңкемен қосылған. Олар төмен түскенде су қысым әсерімен екінші бөлімшеге көтеріледі. Ал жоғары шыққанда су төмен түседі.

Диафрагмалы машиналар (МОД) ұсақ материалдарға, ал поршенді және басқалары ірі материалға қолданылады. Сондықтан диафрагманың жүріс қашықтығы өте аз (2-10 мм), бірақ тербелу жылдамдығы жоғары. Диафрагманың жүріс қашықтығы эксцентрицитет өзгерту арқылы реттеледі. Эксцентрицитет деп - айналмалы вал өсімен оған орнатылған айналмалы шатун өсінің аралығындағы қашықтықты айтады.

Қазіргі кезде диафрагмалары басқаша орнатылған машиналар бар. Мысалы ол камераның көлденең қабырғаларына, не екі аралық қабырғаға орналасуы мүмкін (40 – сурет).



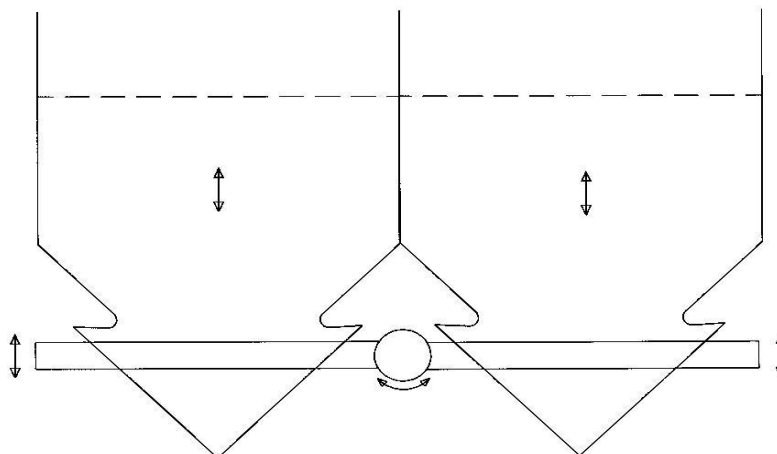
40 – сурет. Диафрагмалық машиналарда диафрагманың тік орналасу түрлері

Қозғалмалы түпті машиналар (39 – сурет) шын мәнісінде диафрагмалы машиналардың бір түріне жатады. Оларда диафрагма ролін корпусның конусты түбінің төменгі жартысы атқарады. Конусты түп тік бағытта екіге бөлінген. Түпкі бөлігі жоғарғы бөлігімен резеңке арқылы жалғасқанда, төрт бұрышты рамаға орнатылған. 41 – суретте екі камералы машина көрсетілген. Рама оның ортасына орналасқан арнаулы қондырғы арқылы тербету қозғалысына келтіріледі. Раманың бір басы көтерілсе, екінші басы төмен түседі. Рама көтерілгенде конусты түп бірге қозғалып суды жоғары көтереді. Қайта төмен түскенде суда сол бағытта қозғалады, сөйтіп тербеліске келеді. Камера саны алтыға дейін жетеді.

Диафрагмалық отсадкалау машиналары ұсақ сеппелі, яғни байытылу алдында ірілігі 3-5 мм-ге дейін ұсатылатын кендерді: (калайы, вольфрам, алтын сирек кездесетін металдар кендері және т.б.) байытуға қолданылады.

Ірі кесекті қазбаларды (сеппелік дәрежесіне қарай олар байытылу алдында 5-50 мм-ге дейін; ал көмір болса 100-150 мм-ге дейін ғана ұсатылады) байыту үшін ең жиі қолданылатындар ауа қысымы әсерімен жұмыс істейтін машиналар (ОМШ, ОМ, ОМК және басқалары). Олардың конструкциялары әртүрлі. Негізгі айырмашылықтары – суды жоғары бағытта көтеретін қысыммен түсетін ауаның камераға түсу жолы. Кейбірінде ауа 39, в – суретте көрсетілгендей бүйірде орналасқан бөлімшеге түседі, ал

кейбірінде камера бірғана бөлімнен тұрады да, ауа тор астына орналасқан ячейкаларға түседі. Ауа қысымы 15 - 40 кПа жетеді және арнаулы золотникті қондырғы (пульсатор) арқылы үзілісті түседі. Үзіліс аралығы тәжірибе жүргізілу нәтижесінде анықталады. Золотник ашылып ауа түскенде ол суды қысып жоғары көтереді, ал жабылған кезде қысым атмосфералық шамаға дейін азайып су деңгейі бұрынғы орнына келеді.



41 – сурет. Қозғалмалы түпті отсадкалау машинасының схемалық көрінісі

Ауа қысымын жеткілікті және кең шекте өзгертуге болатындығына байланысты бұл машиналар өте өнімді. Кен түсетін тор ауданы 24-32 м² етіп жасалса өнімділік сағатына 1000 тоннаға дейін жетеді. Бұл машиналар кең шекті ірілікке (кен байытылса 5-50 мм, ал көмір байытылса 5-150 мм) бейімделген. Соның нәтижесінде қазір көптеген қазба байлық түрлерін байытуда қолданылады.

Қозғалмалы торлы машиналарда камерадағы су қозғалмайды, ал тор арнаулы механизммен жоғары-төмен қозғалысқа келтіріледі. Тор томенгі бағытта қозғалғанда түйіршіктер судың көтерілу әсерімен жоғары көтеріледі, ал тор жоғары бағытта қозғалғанда түйіршіктер төмен құлайды. Осы тұрғыдан бұл машиналарды басқалармен салыстырсақ судың түйіршіктерге тигізу әсерінде еш өзгеріс жоқ.

Отсадкалау машиналарының өнімділігі төмендегідей формуламен анықталады:

$$Q = 3.6 \cdot H \cdot B \cdot v \cdot \delta \cdot \theta, \text{ т/сағат}$$

мұнда Q – өнімділік, т/с;

H – тор үстіндегі материал қабатының биіктігі, м;

B – машинаның көлденеңі, м;

v – кесектердің тор үстінде жылжу жылдамдығы, м/с;

δ – кеннің тығыздығы, кг/м³;

θ – тор үстіндегі материалдың копсу дәрежесі (коэффициенті).

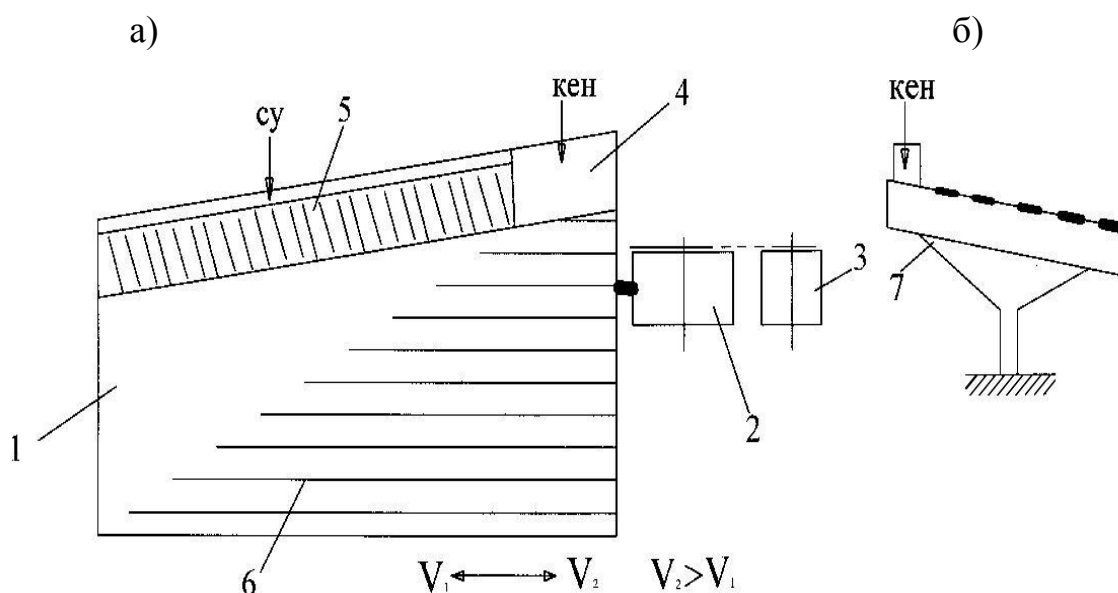
7.4 Концентрациялау (жыйнағыш) столдарда байыту

Концентрациялау столында (СК) байыту принципі ерте замандардан белгілі. Ал қазір бұл процесс отсадкамен қатар кеңінен қолданылады. Байытылатын кенде түйіршіктердің диаметрі 4-5 мм-ден артпауы керек. Олар көбінде қалайының, вольфрамның, алтынның және сирек кездесетін металдардың шашыранды кендерін байытуға, ал түпкі кен орындарынан алынса онда жоғарыда көрсетілген ірілікке дейін (ұнтақталса) қолданылады.

Концентрациялау столдарында әртүрлі минералдар ілгерінді-кейінді асимметриялық тербелісте болатын еңкіш жазық стол бетінде (дека) ағатын жұқа су қабатында тығыздықтарының айырмашылығына қарай бөлінеді. Су столдың қозғалысына көлденең бағытта ағады.

Минералдардың бұл процесте қандай күштердің әсерімен бөлінетінін талдау үшін концентрациялау столының құрылысы және кейбір ерекшеліктерін білу қажет. Дүниежүзілік тәжірибеде концентрациялау столдарының бірсыпыра конструкциялары кездеседі. Оларды кейбір белгілеріне қарап топтастыруға болады. Алдымен олар қозғалмалы және қозғалмайтын столдарға бөлінеді. Іс жүзінде қозғалмалы столдар қолданылады. Бұлардың өнімділігі қозғалмайтындармен салыстырғанда көп артық.

Қозғалмалы столдардың бірнеше түрі бар. Олардың ішіндегі ең көп тарағаны үздіксіз жұмыс істейтін тербелгіш концентрациялау столдары. 42 – суретте концентрациялау столының схемалы түрі көрсетілген.



42 – сурет. Жыйнағыш столдың үстінен (а) және қырынан (б) көрінісі: 1–дека; 2–қозғалтқыш механизм; 3–электроқозғалтқыш; 4–кен түсетін науа; 5–су түсетін науа; 6–рифлдер; 7–тірек.

Столдардың негізгі бөлшегі – беті линолиуммен қапталған, трапеция пішінді жазық бет – дека (1). Ол төрт не алты жерден қойылған тіректерде (7)

ілгері-кейін сырғып жылжиды және арнаулы қондырғы – кранды механизм арқылы көлбеулігі өзгертіледі. Деканың жоғарғы шеткі ұзын бойына науашық орналасқан.

Ол екіге бөлінген. Қысқасына (4) сумен араласқан кен түседі, ал ұзын бөлігіне (5) су түседі. Дека бетіне ағаштан не резеңкеден қойылған планкалар – рифлдер (6) орнатылған. Деканың жоғарғы басына ең қысқа рифл орнатылып, төменгі бағытта олар біртіндеп ұзара береді. Ең төменгі орналасқан рифлдердің ұзындығы дека ұзындығымен бірдей дерлік. Рифлдердің биіктігіде екі бағытта өзгереді. Олардың әрқайсысының биіктігі деканың кен түсетін басында белгілі мөлшерде болса, деканың екінші басына созылған бағытта біртіндеп аласарып, ақырындап жоқтың қасына айналады. Сол сияқты олардың биіктігі жоғарыдан төмендеген сайын (демек көлденең бағытта) біртіндеп өсе береді. Рифлдердің биіктігінің бұлай өзгеруі минералдардың жақсы бөлінуіне әсер етеді.

Дека арнаулы қозғалтқыш механизм (2) арқылы іргелі-кейінді жүріс алады. Оның валы шкив арқылы мотормен (3) жалғасқан. Қозғалтқыш механизмнің қажеті де және ерекшелігі сонда, дека алға қарай аздау жылдамдықпен, ал кейін қарай үлкен жылдамдықпен жылжиды, демек $V_1 < V_2$. Алға жылжу кезінде деканың жылдамдық қозғалысы біртіндеп өседі, демек үдеуі арта түседі. Үдеу әсері дека үстіндегі түйіршіктерге де беріледі. Дека алға жылжығанда белгілі қашықтықта кенет тоқталады да, тез кері бағытта қозғалысқа келтіріледі. Осы кезде түйіршіктер үдеу күшімен дека үстінде ілгері бағытта жылжып кетеді.

Столдарда қозғалтқыш механизмнің екі түрі қолданылады. Ірі столдарда дека кулачокты механизммен, ал кішілерінде кергіш плиталары бар механизм қозғалысқа келтіреді. Осы екі әдісте деканың кейінгі бағытта тез жылдамдықпен қозғалуы серіппенің көмегімен жүргізіледі.

Үдеу күші деканың қозғалу қашықтығымен анықталады. Әдетте ол қашықтық 5-20 мм аралығында өзгереді. Түйіршіктер диаметрі артқан сайын деканың қозғалу қашықтығында үлкейту қажет. Ол қозғалтқыш механизмдегі арнаулы тетікті реттеу арқылы өзгертіледі. Оның өзгеруіне сәйкес тербеліс жылдамдығыда өзгертіліп отырады. Әдетте тербеліс жылдамдығы минутына 230-350 аралығында болады. Қозғалту қашықтығы үлкейтілгенде тербеліс жылдамдығы азайтылады.

Енді дека үстіне түскен минерал түйіршіктерінің бөліну процесін талдайық. Алдымен оларға қандай күштердің қалай әсер ететінін қарастырайық. Бірінші – екпінді күштің пайда болу жайы жоғарыда сипатталды. Оның түйіршіктерге тигізетін әсері олардың дека үстінде орналасуына байланысты. Түйіршіктің декамен бірге алған жылжу жылдамдығы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым үдеу күшінің әсері артады. Осы тұрғыдан қарасақ тікелей дека үстінде жатқан түйіршіктердің (яғни ең астыңғы қабатқа орналасқан) алға жылжу жылдамдығы деканың жылжу жылдамдығымен бірдей. Ал ең жоғары қабаттағы түйіршіктер судың қопсыту күшімен қалқымалы күйде болады, декамен тікелей байланыстары жоқ. Сондықтан олардың алға жылжу жылдамдығы аз, кейде тіпті

жылжымауы мүмкін. Сонымен астыңғы қабаттардағы түйіршіктерге үдеу күшінің әсері зор, ал үстіңгі қабаттардағыларға аз. Осыған байланысты түйіршіктердің дека үстіндегі тік бағытта орналасу тәртібін қарасақ астыңғы қабатта ең ұсақ түйіршіктер, ал үстіңгі қабаттарда ең ірі түйіршіктердің орналасқанын көруге болады. Бұл құбылыс *сегрегация* деп аталады. Сондықтан, екі минералды тиімді бөлудің бір шарты олардың түйіршіктерінің диаметрлерінің әртүрлі болуы. Ол мақсатқа жету үшін зат столға түсер алдында арнаулы дайындықтан өтеді, дәл айтсақ бірдей шөгу принципімен классификацияланады. Классификацияның бұл түрі және соның нәтижесінде алынатын кластардың ерекшелігі 6-тарауда сипатталған. Әдетте класс ішінде тығыздығы үлкен минералдар түйіршіктерінің диаметрі кіші болады. Сондықтан олар астыңғы қабатқа орналасады.

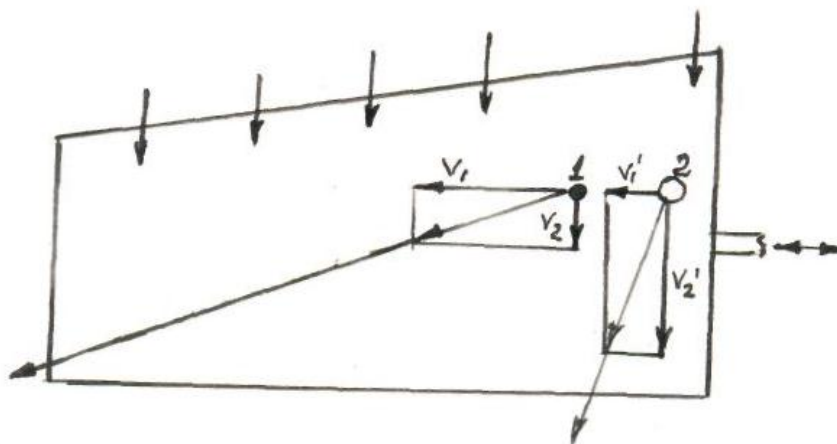
Екінші күш дека үстіне түсіп көлденең бағытта ағатын судың ағызу күші. Науаға түскен су дека бетіне түгел жайылып бір қалыпты ағынмен ағуы керек. Оның біркелкі жайылып ағуы науа ішіне орнатылған арнаулы тиектермен реттеледі. Судың ағызу күші әрине, үстіңгі қабаттардағы түйіршіктерге үлкен әсер етеді. Сондықтан онда орналасқан тығыздығы кіші ірі диаметрлі минерал түйіршіктері көлденең бағытта, яғни төмен қарай жылдам ағады. Ал астыңғы қабаттағы диаметрлері кіші, тығыздығы үлкен минерал түйіршіктері бұл бағытта аз жылдамдықпен ағады. Оған тағы үлкен себеп болатын жай-рифлдердің астыңғы қабаттың ағуына кедергі жасауы. Осыған байланысты жоғары рифлдердің аласа жасалуы ірі түйіршіктердің тезірек ағып, астыңғы қабаттың олардан тазалануына көп әсер етеді.

Сипатталған екі күштің әсері және олардың қосындысынан туатын тең әсерлі күштің әртүрлі тығыздықты және диаметрлі минерал түйіршіктеріне беретін бағыты схемалы түрде 43 – суретте көрсетілген. Кіші диаметрлі үлкен тығыздықты минерал түйіршік үдеу күші әсерімен алға үлкен жылдамдықпен жылжиды да, ал судың ағызу күші әсерімен көлденең бағытта ақырын жылжиды. Соның нәтижесінде тең әсерлі күштің бағытымен ол деканың екінші көлденең шетіне жетеді. Ол үлкен диаметрлі жеңіл тығыздықты минерал түйіршігі тең әсерлі күштің бағытына сәйкес қозғалып деканың төменгі ұзын бойы шетіне тіктеу жылжиды. Осыған байланысты дека үстінде әр минерал түйіршіктерді әр-түрлі траекториямен қозғалып веер жасайды. Мысалы, кенде тығыздықтары әртүрлі үш минерал болса үш «жол» пайда болады. әр «жолдың» шектескен жерінде екі аралық тығыздықты (әлі ажырамаған екі минералдан тұратын тұтас) түйіршіктер орналасады. Әр жолдағы фракцияны жеке науашықтарға түсіріп әртүрлі өнімдер (концентраттар, екі аралық өнімдер және қалдық) алынады.

Судың ағызу күшін оның дека үстіне түсетін мөлшерін вентиль арқылы өзгертуге болады. Сонымен қабат оны су мөлшерін өзгертпей-ақ тек деканың көлбеулігін өзгерту арқылы реттеуге болады. Көлбеулік артқан сайын судың ағызу күшіде көбейеді.

Барлық процестердегідей столда байытуда салмақ күшіде өзінің ролін атқарады. Ол стол үстінде тік бағытта әсер етеді, салмақ артқан сайын

түйіршіктердің дека бетіне басылу күшейді, демек үйкелу күші артады да түйіршіктің декамен бірге бір жылдамдықпен қозғалуына әкеліп соғады.



43 – сурет. Жинағыш столда әртүрлі тығыздықты минерал түйіршіктеріне күштердің әрекет ету бағыты

Әдетте стол үстіне бастапқы зат сумен аралас түседі (камералық классификаторлардан шыққан пульпа түрінде). Судың үлесі, 60-85 % мөлшерінде болады, ал науаға заттың бір тоннасына орта есеппен 1-2 т түседі.

Концентрациялау столдарын шартты түрде құмды және шламды столдар деп екіге бөледі. Ірілеу материалды байытқанда құмды столдар, ал өте ұсақ зат байытылғанда шламды столдар қолданылады. Оларды айырмашылығы сол-құмды столдардың декасының көлбеулігі жоғары және рифлдерінің биіктігі үлкен болады.

Отсадкалау машиналармен (мысалы диафрагмалы) салыстырғанда концентрациялау столдарында бірден таза концентрат алу оңайырақ және процестің қалай жүріп жатқаны тікелей көзге түседі. Ал олардың үлкен кемшіліктері бар. Біріншіден, олардың өнімділігі көп төмен. Екіншіден деканың алатын ауданы мол. Оның ұзындығы 3-4 м, ал көлденең 1,5-2 м. Осыған байланысты қазір көпшілік байыту фабрикаларында (әсіресе өнімі жоғары) көп ярусты столдар қолданылады. Оларда декалар бірнеше ярусты болып орналасады (кейде 6 дека бірінің үстіне бірі орналасады). Бастапқы пульпа барлық декаларға бірдей етіп бөлінеді.

Камералық гидроклассификаторлардан шыққан кластар жеке-жеке столдарда байытылады. Әр столға түсетін кластар ірілігіне сай режимде жұмыс істейді. Ірі класс байытылатын столдың қозғалу қашықтығы үлкен, ал тербеліс жылдамдығы аз болады және керісінше. Бұл параметрлерді тәжірибе жүргізу арқылы табылған эмпирикалық формулаларды қолданып табуға болады:

$$L = 18\sqrt{d \max} \quad \text{және} \quad n = \frac{250}{\sqrt[3]{d \max}}$$

мұнда L – қозғалу қашықтығы, мм;
 n – тербеліс саны, мин;
 d_{\max} – байытылатын заттың ең ірі түйіршіктерінің диаметрі, мм.

Концентрациялау столдардың үлесті өнімділігі заттың ірілігіне қарай орта есеппен 0,1-0,4 т/сағат m^2 шегінде өзгереді. Үлесті өнімділікті төмендегі эмпирикалық формуламен мөлшерлеп табуға болады:

$$q = 0.2 d_{\max}$$

мұнда d_{\max} – ең ірі түйіршіктің диаметрі, мм.

7.5 Шлюздерде және винтті бөлгіштерде байыту

Шлюздер ең қарапайым байыту аппараттарына жатады. Оның байырғы түрі көлденеңі кейде 2 метрге дететін көлбеу орналасқан ұзын науа. Ұзындығы бірнеше метрден ондаған метрге жетуі мүмкін. Шлюзге бастапқы кен сумен орналасқан күйде түседі. Судың мөлшері кеннен 5-10 рет артық болуы тиіс. Оның күші шлюзге түскен затты ағызып әкететіндей болуы қажет. Себебі затты қозғалысқа келтіретін бұл процесте басқа күш жоқ.

Минералдар түйіршіктерінің бөлінуіне екі күш әсер етеді: олардың салмақтары және судың ағызу күші. Жылжи ағу процесінде ауыр түйіршіктер біртіндеп астыңғы қабатқа жиналады, ал жеңіл түйіршіктер бет қабатта қалып сумен ағады. Астыңғы қабатқа жиналған ауыр түйіршектер ақпай сол орнында қалу үшін науа түбі әртүрлі әдіспен кедір-бұдыр жасалады. Егер ұсақ зат байытылса науа түбіне бұдыры таяз резеңке мен тағы басқа заттар салынады. Ал ірілеу зат байытылса науа түбіне көлденең бағытта биіктігі кейде 50 мм-ге жететін, бір-бірінен белгілі қашықтықта ағаштан, темірден не резеңкеден қиылған кесектер қағылады не ірі бұдырлы тор салынады. Олар жалпы трафарет деп аталады.

Процес, демек кенді шлюзден өткізу, трафарет бұдырларының арасы толғанша жүргізіледі. Оған қажет уақыт мөлшері кеннің қасиеттеріне сәйкес тәжірибе жүргізу арқылы алдын ала анықталады. Сол уақыт өткен соң шлюзге кен түсіру тоқтатылады да науа түбінде жиналған минерал қабаты сумен шайқалып бөлініп алынады. Содан кейін цикл қайтадан басталады. Мұндай шлюздердің үлкен кемшілігінің бірі процестің үзілімді жүргізілуі.

Шлюздерді қолданудың бірсыпыра ерекшеліктері бар. Көбінде олар екі түрлі мақсатпен қолданылады. Біріншіден құрамында бағалы зат өте аз кен байытылғанда одан құнсыз тау-жыныс минералдарының негізгі массасын шығарып астыңғы қабатқа ауыр фракция бағалы минералдарды неғұрлым көбірек бөлу үшін қолданылады. Процесті осы мақсатпен жүргізгенде ауыр фракцияда құнсыз зат көп қалады. Соның нәтижесінде ауыр фракция концентрат ретінде емес тек байытылған кен түрінде алынады. Әдетте оны шлих деп атайды. Демек бұл жағдайда шлюздер кенді тек алдын ала байыту

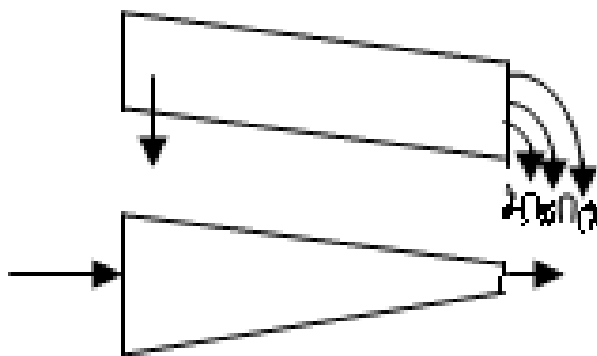
мақсатымен жүргізіледі. Алынған шлихтен концентрат алу үшін ол басқа аппараттарда (мысалы концентрациялау столдарында) байытылады.

Екіншіден, шлюздер кенде басқа аппараттарда байыту кезде алынған қалдықтарды қосымша байытып, мүмкіншілігінше бағалы затты толығырақ бөлу үшін қолданылады. Оның мәні шлюздердің жабайы аппарат болуында, энергия шығындалмайды және басқада түпкілікті және пайдалану шығындарының аз болуы.

Шлюздерден әртүрлі сапалы өнімдерді қатар алуға болады. Мысалы, ең ауыр түйіршіктер науаның бас жағында (кен түсетін шетіне жақын) қалады, ал екінші жартысында көбінде екі аралық қасиетті түйіршіктер жиналады. Олар екі бөлек шайылып алынса, сапалары әртүрлі өнімдер шығады.

Қазіргі кезде шлюздердің қозғалмалы түрлері де (оларды жартылай автоматтандырылған шлюздер деп те атайды) қолданылады. Процес аяғында оларға кен түсірілуі арнаулы уақыт релелерінің көмегімен тоқтатылып науалар (не декалар) керісінше бағытқа механикалық қондырғымен көлбетіледі де, жиналған затты ағызатын су беріледі. Белгілі уақыт өткен соң декалар қайта орындарына келтіріліп кен (пульпа) түсетін жол ашылады. Қозғалмалы шлюздердің кейінгі кезде басқада түрлері (цилиндрлі айналмалы, ленталы, орбитальді шлюздер) қолданылып жүр.

Бөлшекті ағымды концентраторлар (науалар) шлюздердің бір түріне жатады. Олар қысқа түрде жасалады. Пульпа түсетін бас жағы жалпақ келеді де, ұзын бойымен біртіндеп жіңішке береді (44 – сурет).



44 – сурет. Бөлшекті ағымды концентратор

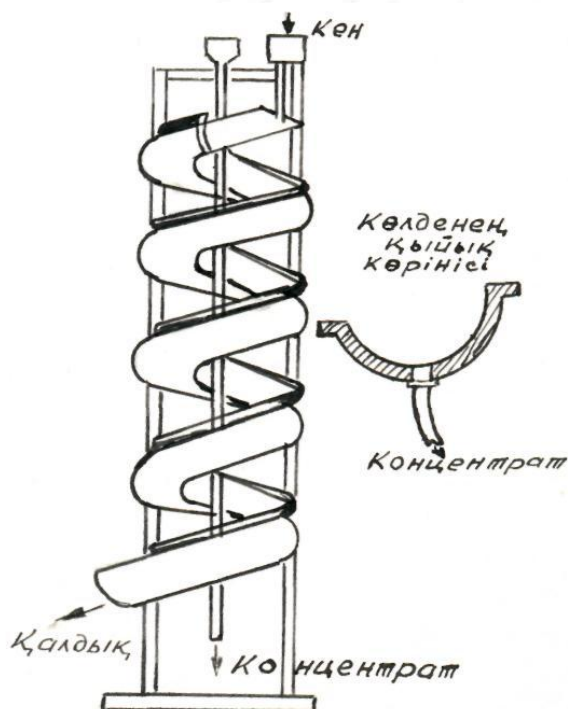
Науа көлбеу орнатылады. Оның түбі біртегіс бетті. Пульпа науаның жалпақ басынан жіңішке басына қарай аққанда оның тереңдігі артады және ағымы жылдамдайды. Осы кезде пульпадағы түйіршіктер салмақтарына қарай әртүрлі қабаттарға жіктеледі: ең астыңғы қабатқа ауырлары, ең үстіңгі қабатқа жеңілдері бөлінеді. Шекаралық қабатқа екі аралық қасиетті түйіршіктер жиналады. Пульпаның үстіңгі қабаты науадан үлкен ағынмен шықса, ал ең астыңғы қабат аз ағынмен шығады. Егер ағымның әр қабаты жеке-жеке бөлініп алынса сапалары әртүрлі өнімдер алынады.

Бұл аппаратта ұсақ түйіршікті кен ғана байытылады. Мысалы, оларда ең тиімді байытылатын кен түріне шашыранды кен орындарынан алынатын құмды заттар жатады. Сонымен қатар ұсақ уақталған кен орындарынан алынатын кендерді байытуға болады.

Олардың қозғалмайтын шлюздерден артықшылығы сол процесс үздіксіз жүргізіледі. Соның нәтижесінде олардың өнімділігі жоғары. Бұларда да энергия шығындалмайды.

Қазіргі кезде олар параллельді не радикальді орналасқан көптеген науашықтардан тұратын агрегат түрінде жасалады. Сонымен қатар жер алмас үшін агрегатта науашықтар көп ярустарда орналасқан. Байыту процесі әртүрлі вариантта жүргізілуі мүмкін. Мысалы, бастапқы пульпа агрегаттағы барлық науашықтарға бірдей бөлініп, яғни барлығында процесс бір режимде жүргізіледі. Не болмаса бастапқы пульпа тек үстіңгі ярустағы науашықтарға ғана түсіп, олардан алынатын өнімдер астыңғы ярустағы науашықтарға түсіріліп, оларды тазалау мақсатымен жүргізілуі мүмкін. Ол мәселе байытылатын кеннің ерекшеліктерімен және алға қойылған мақсатпен байланысты шешіледі.

Винтті бөлгіштер (сепараторлар-СВМ) конструкциясы жағынан жоғарыда сипатталған аппараттардан өзгеше ерекшеліктері бар. Бұларда пульпа ағатын науа түзу пішінді емес, тік бағытта орналасқан спираль пішінді (45 – сурет).



45 – сурет. Винтті бөлгіш

Пульпа спиральді науаның жоғарғы басына түседі де төмен қарай ағады. Бұл аппараттағы процестің негізгі ерекшеліктері – түйіршіктерге үш

күш әсер етеді: салмағы, судың ағызу күші және ортадан тепкіш күш. Кейінгі күш пульпаның айналмалы траекториямен қозғалу нәтижесінен туады. Осы үшінші күштің қосымша әсерінің арқасында тығыздығы әртүрлі минерал түйіршіктерінің бөліну дәрежесі шлюздегіден жоғары. Ең ауыр түйіршіктер дөңгелектенген науа түбінің ортасымен және астыңғы қабатта жылжиды. Ал жеңіл түйіршіктер үстіңгі қабатта және ортадан тепкіш күш әсерімен науаның сыртқы бүйір қабырғасына тебіле жылжып ағады. Осы сыртқы үстіңгі қабаттағы түйіршіктер (жеңіл фракция) сумен ағып науаның төменгі шетінен төгіледі. Астыңғы қабаттағы затты үздіксіз бөліп, аппараттан шығару үшін науа түбінде бір-бірінен белгілі қашықтықта (спираль бойында екі-үш жерде) тесіктер жасалған. Олар түтікшелермен спиральді жолдың ортасына тік орналасқан құбырға жалғастырылған. Тесіктерге түскен зат сол құбыр бойымен құлап, оның төменгі шетінен шығады.

Шлюздердегідей бұл аппаратта да, мысалы, үш өнім алуға болады. Жоғары орналасқан тесіктерге ең ауыр түйіршіктер түседі. Жоғары тесіктер бір құбырмен, ал төмендегілері екінші құбырмен жалғастырылса сапасы әртүрлі өнімдер алынады.

Винтті бөлгіштердің спиралі 3-5 орамнан тұрады. Орамдарының ара қашықтығы 500-1000 мм, ал диаметрі 2000 мм-ге жетеді. Аппараттың биіктігі орам санына қарай 6-7 м-ге жетеді. Пульпамен қабысатын науа түбі футеровкамен қапталады. Аппараттың конструкциясы қарапайым, энергия жұмсалмайды, тік қойылғандықтан өте аз ауданды қажет етеді және минералдың бөліну дәрежесі шлюздермен салыстырғанда жоғары. Бұларда байытылатын кен түйіршіктерінің ірілігі кейде 15 мм-ге жетуі мүмкін. Бірақ ірілік артқан сайын минералдардың бөліну дәрежесі төмендей береді. Көбінде 3мм-ге дейінгі ірілікті зат байытылады.

Аппараттың өнімділігі оның диаметріне байланысты. Диаметрі артқан сайын өнімділігі өседі. Ең үлкен диаметрлі аппараттың (2000 мм) өнімділігі кен қасиетіне сәйкес сағатына 30-70 тоннаға жетеді.

Келтірілген артықшылығына байланысты винтті бөлгіштер көптеген қазба байлық түрлерін байытуға кеңінен қолданылып келеді. Айта кететін жай – бұларда да бірден жоғары сапалы концентрат алынбайды. Соған байланысты, көп жағдайда олар не кенді алын-ала байыту, не қалдықтан бағалы заттарды қосымша бөліп алу мақсатымен қолданылады.

7.6 Ауыр ортада байыту

Ауыр ортада байыту процесі әртүрлі тығыздықты минералдар(не кен) кесектерінің екі аралық тығыздықты ортада бірінің батып, екіншісінің қалқуына негізделген. Мысалы, тығыздығы 1000 кг/м³-ден үлкен зат түйіршігі және тығыздығы 1000 кг/м³-ден кіші (органикалық зат) зат кесегі суға салынса түйіршік дереу батады да, ал органикалық кесек су бетіне қалқиды. Яғни заттың суда батуы не батпауы олардың салмағына емес, тек тығыздығына тәуелді. Осы тек таза минералдар кесектері емес,

тығыздықтарында айырмашылық бар кен кесектерінде бөлуге болады. Ол үшін тығыздығы екі аралықты орта болуы керек.

Кендерде өте көп кездесетін ең жеңіл минералдардың бірі-кварц (шақпақ тас). Оның тығыздығы 2650 кг/м^3 . Басқа құрамына металдар кіретін барлық минералдардың тығыздығы кварц тығыздығынан көп үлкен. Сондықтан, ауыр ортада байыту үшін ол ортаның тығыздығы кварц тығыздығынан үлкен болуы қажет. Сонда ғана тау-жыныс минералдарының кесектері қалқиды да, ал құрамында бағалы зат бар кен кесектері батады.

Ауыр орта ретінде тығыздығы жоғары кейбір органикалық сұйық заттар, бейорганикалық тұздардың су ерітінділері және суспензиялар қолданылады. Суспензия деп су мен қатты зат түйіршіктерінің араласын айтады.

Органикалық ауыр сұйықтарды (басты бірі – тетрабромэтан, тығыздығы 2960 кг/м^3) бағаларының өте жоғары және улы болуына байланысты өндірісте қолданудың мүмкіншілігі жоқ. Тұздардың су ерітінділерінде өндірістік мөлшерде қолдану тиімсіз. Себебі процесс кезінде олардың шығыны жоғары. Сондықтан егер қолданылса, шығындалған бөлігінің қасиеттеріне қарай әртүрлі әдіспен қайта орнына келтіріп /регенерация/, процеске қайтару қажеті туады. Ол үшін қосымша қондырғылар, қаражат шығару керек. Демек, оларда өндіріске өте тиімсіз. Сондықтан бұл орта түрлері тек лабораторияларда ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізгенде ғана қолданылады.

Байыту фабрикаларында кеңінен қолданылып келе жатқан ауыр орта-ауыр суспензиялар. Сумен араластырылатын қатты зат ретінде көптеген минералдарды қолдануға болады. Олардың су ішіндегі үлесін өзгерте отырып суспензияның тығыздығын үлкен шек аралықта реттеуге болады. Мысалы, кварц құмын (2650 кг/м^3) сумен (1000 кг/м^3) араластыру нәтижесінде тығыздығы $1400\text{-}1600 \text{ кг/м}^3$ суспензия жасалса, онда көмірді байытуға болады. Көмірдің тығыздығы $1200\text{-}1400 \text{ кг/м}^3$, ал ондағы минералды заттардың көпшілігінің тығыздығы 2600 кг/м^3 -ден үлкен. Көмір қалқиды да, ал басқалары батып кетеді. Егер кен байытылса суспензияның тығыздығы 2700 кг/м^3 -ден кем болмауы керек. Сонда тау-жыныс минерал кесектері қалқиды да, ал бағалы зат минерал кесектері батады. Осы мақсатпен іс жүзінде қолданылатын минералдар: кварц құмы (2650 кг/м^3), магнетит (5000 кг/м^3), галенит (7500 кг/м^3). Олардан басқа жиі қолданылатын жасанды қорытпа ферросилиций ($6400\text{-}7000 \text{ кг/м}$). Осы аталғандардың жиі қолдануының себебі де бар. Кенді ауыр суспензияда бөлгенде ол жеңіл және ауыр фракцияларға бөлінеді. Сол өнімдермен бірге суспензияның (дәлірек айтсақ суспензодтың-қатты заттың) біразы бірге шығады. Олардың жалпы шығынын азайту үшін сол өнімдермен бірге шығатын суспензод бөлігін белгілі бір әдіспен фракциялардан бөліп, процеске қайтару (регенерациялау) қажет. Ол үшін суспензодтың белгілі бір қасиеттері болуы керек. Мысалы, магнетитті оның магнитті қасиетін пайдаланып, галенитті флотациялау арқылы, ферросилицийді де оның магнитті қасиетін пайдалану арқылы бөлуге болады.

Байыту процесінің тиімді және өнімді жүруі ауыр суспензияның қасиеттеріне тікелей байланысты. Оларға жататындар: тығыздық, тұтқырлық және тұрақтылық. Бұлардың ішіндегі ең маңызды қасиет, әрине, тығыздық.

Суспензияның тығыздығы қандай болуы керектігі байытылатын кеннің қасиеттерімен және алға қойылатын мақсатпен байланысты. Ол алдын ала ғылыми-зерттеу жүргізу нәтижесінде анықталады. Сонымен қатар суспензойд (яғни ауырлатқыш) ретінде қолданылатын минерал (зат) таңдалынады. Осыдан кейін су ішінде белгілі көлемді суспензия жасау үшін қанша суспензойд қосу керектігі төмендегі формуламен есептелінеді:

$$G=V \cdot \delta \frac{\Delta - 1000}{\delta - 1000}$$

мұнда G – қосылатын суспензойдтың массасы, кг:

V – суспензияның көлемі, м³,

Δ – суспензияның тығыздығы, кг/м³

δ – суспензойдтың тығыздығы, кг/м³

Суспензияның тұрақтылығы деп оның бүкіл көлемінің барлық жерінде процесс кезінде бірдей тығыздықтың сақталуын айтады. Ол суспензойд түйіршіктерінің ірілігіне, оның суспензия ішіндегі үлесіне және қозғалу режиміне байланысты. Әдетте, түйіршік ірілігі 0,1-0,15 миллиметрден аспайды, ал суспензойдтың көлемді үлес мөлшері 30 %-тен артық болмауы керек. Түйіршіктер бүкіл суспензия көлеміне біркелкі жайылып тұру үшін белгілі бір әдіспен ол үнемі қозғалысқа келтіріліп отырады.

Сипатталған қасиеттермен тығыз байланысты суспензия қасиеті-тұтқырлық. Ол түйіршіктердің өзара әсерінен пайда болады. Суспензия суспензойд үлесі артқан сайын олардың соқтығысуы артады. Соның нәтижесінде бір-біріне әсер етуі (қабысуы, агрегат құруы) ұлғаяды. Қозғалыс режимі өзгереді. Бұл жай үшін тек үлес шамасы емес түйіршіктердің ірілігінің де маңызы зор. Түйіршіктердің диаметрі іріленген сайын (үлес бір шамадан өзгермегеннің өзінде) тұтқырлық азаяды, қозғалыс дәрежесі және шөгү жылдамдығы өседі. Мұның өзі суспензияның тұрақтылығын төмендетеді. Демек, суспензия тұтқырлығы тек бір шамада болуы қажет. Ол үшін суспензойд материалының гранулометриялық құрамы дұрыс таңдалуы керек. Түйіршіктер қозғалымы неғұрлым олар бір-бірімен аз әрекеттесе соғұрлым жеңіл болады. Осындай жағдай тудыру үшін суспензияға белгілі бір химиялық қосылыстар кеңінен қолданылады. Олардың молекулалары түйіршік беттерімен әрекеттесіп түйіршіктердің өзара байланысуын және шөгү жылдамдығын төмендетеді.

Суспензойдтың гранулометриялық құрамы оны пайдалану кезінде біртіндеп ұнтақталу нәтижесінде өзгереді және оған кен кесектерінің беттерінің үйкелуінен пайда болатын ұнтақ қосылады. Сол себептермен суспензия қасиеттері де өзгереді. Сондықтан белгілі бір уақыт өткен кезде

суспензия тазаланып оның бастапқы қасиеті орнына келтіріліп отырылуы қажет. Демек регенерация жүргізілуі керек. Ол үшін суспензия ішінен тек суспензойд түйіршіктері белгілі әдістермен бөлініп алынады. Мысалы, магнитті суспензия магнитті бөлгіштен өткізіледі, галенит флотация әдісімен бөлінеді. Содан кейін белгілі су көлемімен қайта араластырылып, процеске түсіріледі.

Ауыр суспензияда байыту алдында ұсақталған кеннен ұсақ класс (көбінде -5+0) елеумен бөлініп алынады. Әйтпесе ол класс суспензиямен араласып оның тығыздығын және басқа қасиеттерін бірден өзгертіп жібереді де, минералды бөлу мүмкіндігі жойылады және ұсақ кен түйіршіктерінің шөгу жылдамдығы аз болғандықтан порцестің өнімділігі төмендейді. Жалпы әртүрлі тығыздықты кен кесектерінің бөліну тиімділігі олардың ірілігі артқан сайын өсе түседі.

Ауыр суспензияда ұсақ ұнтақталған, мысалы 0,2-0,5 мм-ге дейін, материалды да байытуға да болады. Бірақ ол үшін бататын минерал түйіршіктерінің шөгу жылдамдығын арттыру қажет, демек гравитациялық күшке қосымша күш тудыру қажет. Ондай күш ретінде мысалы ортадан тепкіш күш әсері пайдаланылады. Ол үшін әдетте процесс гидроциклондарда жүргізіледі.

Ауыр суспензия өндірісте әртүрлі мақсатпен жүргізіледі. Егер көмір байытылса онда ақырғы өнім ретінде даяр концентрат алынады. Ал мысалы түсті метал кендерін алсақ олар негізінде не өте ұсақ сеппелі болады да минералдарды ажырату үшін өте майда күйге дейін ұнтақталады. Әрине мұндағы ұнтақ затты ауыр суспензияда байыту мүмкін емес. Дегенмен көпшілік түсті метал кендеріне бұл процессті қолдануға болады. Бірақ мұнда одан ақырғы өнімдер алу мақсат емес, тек алдын ала байыту мақсаты қойылады. Кен, мысалы мөлшері 10-50 мм-ге дейін ұсатылады. Минералдар әлі ажырамаған күйде қалады. Бірақ ұсатылған кенде негізгі массасы тау-жыныс минералдарынан тұратын, не құрамына бағалы минералдар өте аз кездесетін (бастапқы кенмен салыстырғанда) кесектер пайда болады. Егер сол кесектер бастапқы кеннен бөлініп шығарылса, оның қалған бөлігінде бағалы зат мөлшері өседі, демек кен байыды. Кейінгі процесстерге (ұнтақтау, байыту) кеннің байытылған бөлігі ғана түседі де, ол тиімді өңделеді. Байытудың осы түрін *алдын ала байыту* деп атайды.

Сонымен бұл процессті кендерді байыту үшін қолданғанда байытылған кен (ауыр фракция) және даяр қалдық (жеңіл фракция) алынады. Жеңіл фракцияның шығымы неғұрлым үлкен болса процесстің тиімділігі арта түседі. Әдетте оның шығымын 15-20 %-тен кем болмауы керек. Процестің тиімділігін мынадай факторлармен дәлелдеуге болады:

1. Ақырғы өнімдер алу үшін жүргізілетін кейінгі процесстерге құрамында бағалы зат мөлшері арттырылған кен түседі.

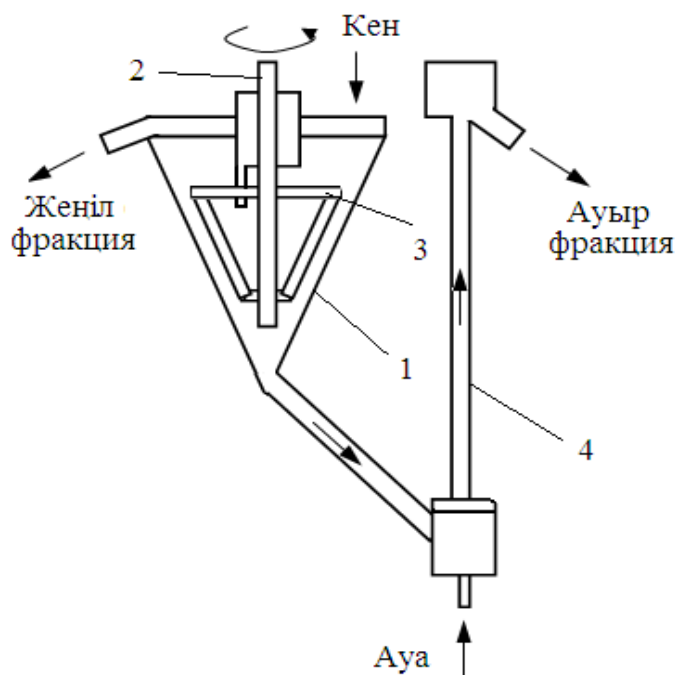
2. Кеннен қалдық ретінде шығарылған бөлігі кесек түрінде алынады. Ол ұнтақтау және басқа процесстерге түспейді, энергия және басқа шығындар жұмсалмайды;

3. Жеңіл фракцияның шығымына сәйкес байыту фабрикаға қосымша кен түсіріп, соның нәтижесінде фабриканың өнімділігін арттыруға болады және т.б.

Ірі және ұсатылған кендер тек гравитациялық күш әсер ету принципімен жұмыс істейтін аппараттарда байытылады. Оларға жататындар: конусты, барабанды және доңғалақты бөлгіштер. Ұсақ ұнтақталған кендерді байытуға гидроциклондар қолданылады.

Конусты бөлгіштер (ОК) 46 – суретте көрсетілген.

Олардың суспензия тұратын корпусы (1) жоғарғы жағы биіктігі аз цилиндр пішінді, ал төменгі жағы конус пішінді. Оның ортасына ақырын айналып тұратын вал (2) орнатылған. Валдың бойында суспензияны араластырғыш (3) орнатылған. Кен суспензияға оның орта шеніне түседі. Тығыздығы суспензия тығыздығынан артық кесектер батып кетеді де, ал тығыздығы аз кесектер қалқиды. Қалқыған қабат үстіне кен қысымымен цилиндрдің шетіне біртіндеп ығыстырып айналдыра шетінен шығады. Батқан кесектер аэролифті құбырға (ауа көтергіш) түседі. Құбырдың астынан тік бағытта көтерілетін қысымды ауа беріледі. Оның күшімен кесектер (ауыр фракция) көтеріліп құбырдың жоғары шетінен асып шығады, ал ондағы суспензия орнында (құбыр ішінде) қалады.



46 – сурет. Конусты ауыр ортада бөлгіштің схемалы көрінісі:

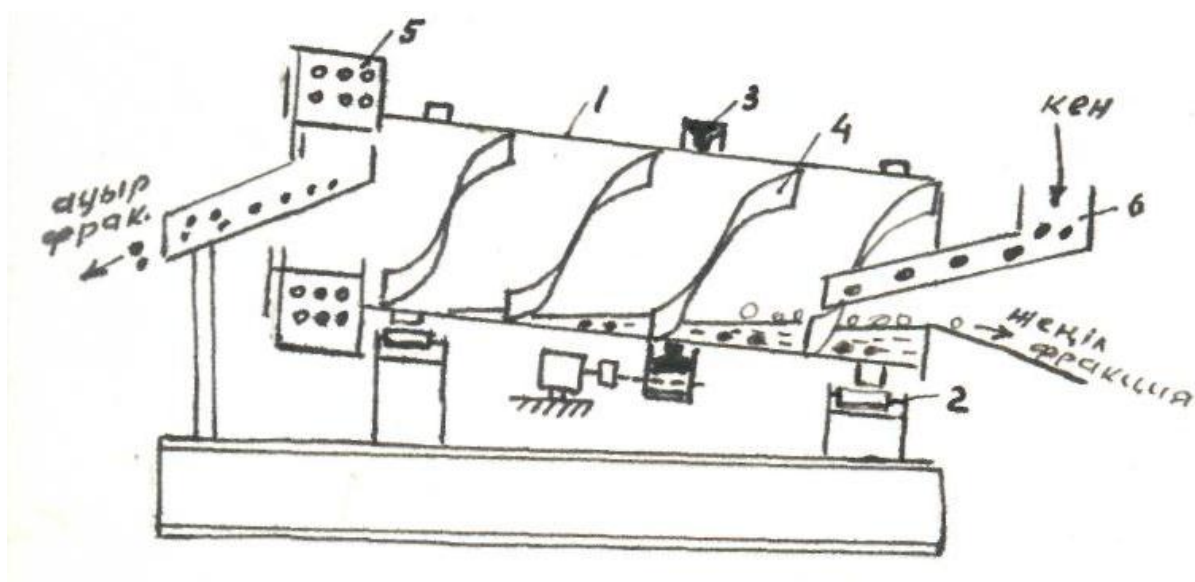
1 – корпус; 2 – вал; 3 – араластырғыш; 4 – ауалы көтергіш құбыр.

Конусты бөлгіштерде кен 2-100 мм-ге, ал көмір 200 мм мөлшеріндегі ірілікте байытылады. Олар көбінесе көмір байыту үшін қолданылады. Конустың диаметрі 5600 мм-ге дейін жетеді. Бұлардың конструкциялары қарапайым. Үлкен кемшілігі сол – орнатуға үлкен биікті кеңістік қажет.

Практикада конусты бөлгіштердің бірнеше вариантты конструкциялары кездеседі, бірақ жұмыс істеу принципі барлығында бірдей.

Спиральді барабанды бөлгіштер (СБС). Олар цилиндрлі пішінді корпуста (барабаннан) (1) тұрады (47 – сурет).

Корпус екі жерден тірегіш роликтер (2) үстінде айнала алады. Оның айналуы диірмендердің айналуына ұқсас: барабанның бір шетіне жақын тісті венец (3) орнатылған. Ол электромотордан айналыс алатын тісті шестернямен жалғасады. Барабан ішіне суспензия құйылады, оған қақпақ ортасындағы тесік арқылы науамен кен түсіріледі. Барабан сәл көлбеу орнатылған. Соған сәйкес ішіндегі суспензия кен түсетін шетке қарай ығыс орналасады. Қалқыған кесектер (жеңіл фракция) бастапқы кен кесектерінің ығысуы нәтижесінде барабанның сол шетіндегі тесіктен асып шығып өз науасына түсіп жатады. Батқан кесектер (ауыр фракция) барабан түбіне шөгеді. Оларды үздіксіз шығарып отыру үшін барабанның ішкі бетіне белгілі жалпақтығы бар спиральді лента (4) орнатылған. Ол барабан айналғанда сонымен бірге қозғалады. Соның демеуімен батқан кесектер барабанның екінші жоғарғы басына жылжып барып, көтергіш доңғалақ элеваторға (5) барып түседі. Доңғалақ ішіне радиальді көп тесікті қабырғалар орналасқан. Кен кесектері осындай қабырғалардың екі аралығындағы ячейкаларға түсіп, барабан айналғанда бірге көтеріледі. Сол кезде суспензия тесіктерден өтіп, ячейкада негізінде тек кен кесектері қалады. Ячейкалар белгілі бір биіктікке көтергенде, кесектер төмен жылжып құлап, барабанның орта тесігіне орналасқан науаға түсіп шығарылады.



47 – сурет. Барабанды ауыр ортада бөлгіштің схемалы көрінісі:

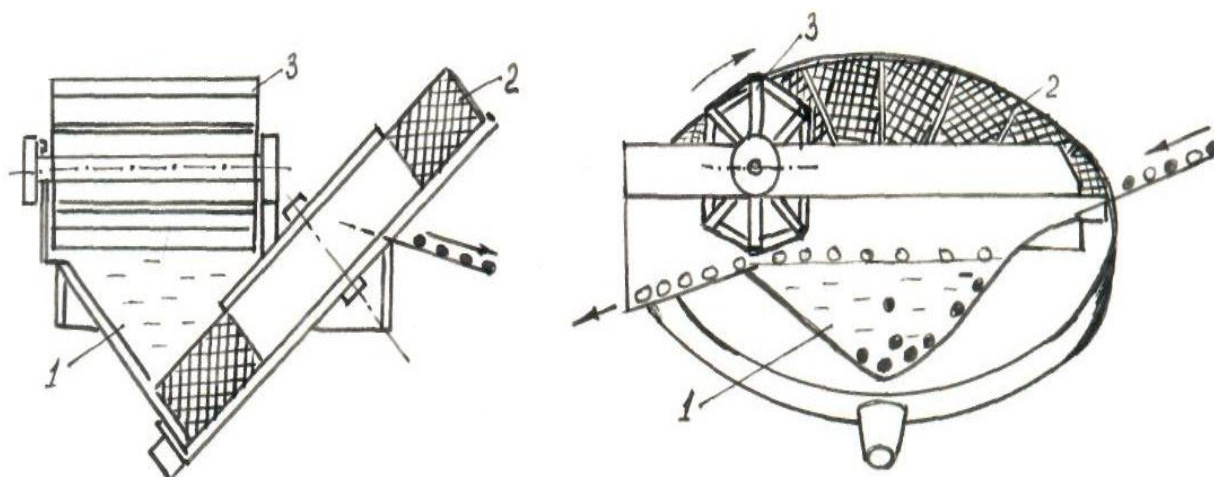
- 1 – корпус; 2 – тірегіш ролик; 3 – тісті венец; 4 – спиральді лента;
- 5 – доңғалақ элеватор; 6 – кен түсіргіш науа.

Барабанды бөлгіштерде ірілігі 150 мм-ге жететін кенді байытуға болады. Барабанның диаметрі ең үлкендерінде 3000 мм, ал ұзындығы 6000

мм-ге жетеді. Бұл бөлгіштерді пайдалы қазбалардың барлық түрін байытуға қолдануға болады

Доңғалақты бөлгіштер (СКВ). Олардың схемалы көрінісі 48 – суретте келтірілген.

Кен науашық арқылы суспензияға толған ваннаға (1) түседі. Қалқыған жеңіл фракция айналмалы құлақты ескіштердің (3) әсерімен ығыстырылып науашыққа түсіріледі. Қалқыған кесектердің ескіш орнаған ванна шетіне ығысуына бастапқы түсетін кеннің де әсері тиеді. Ванна түбіне шөккен кен кесектері ваннаның бір қабырғасына жабыстыра көлбеу орналасқан элеваторлы доңғалаққа (2) түседі. Оның құрылысы да барабанды бөлгіштердегі элеваторлы доңғалақтың құрылысындай. Элеватор ақырын айналып тұрады. Оны ячейкаларға бөлетін қабырғалары тесікті. Солар арқылы суспензия төмен ағып бөлініп, ваннаға қайтарылып отырады. Ячейка белгілі биіктікке көтерілгенде ондағы жатқан кесектер сырғып құлап доңғалақтың ортасына көлбеу орналасқан науашыққа түседі.



48 –сурет. Доңғалақты ауыр ортада бөлгіштің схемалық көрінісі:

1– ванна; 2 – доңғалақ элеватор; 3 – құлақты ескіш.

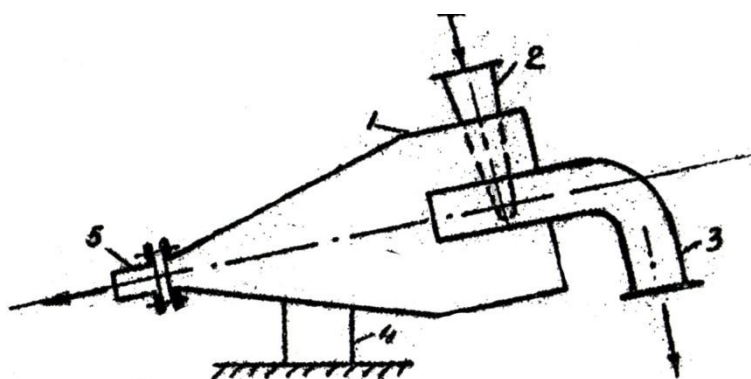
Қазіргі кезде екі өнім (ауыр және жеңіл фракциялар) емес, үш өнім (концентрат, қалдық және екі аралық өнім) беретін доңғалақты бөлгіштерде (СТТ) қолданылады. Демек, екі өнімді екі бөлгіш бір агрегатта біріктірілген. Бұл бөлгіштер көмір байытуда кеңінен тарауда. Бастапқы көмір алдымен тығыздығы төмен суспензияға түсіп жеңіл фракция (таза көмір концентраты) бөлінеді. Одан шыққан ауырлау фракция екінші секцияда тығыздығы жоғарылау суспензияға түсіп, одан ауыр фракция (қалдық ретінде), екіаралық өнім алынады. Ақырғы өнім қосымша ұсатылғанан кейін қайта байытуға түседі.

Доңғалақты бөлгіштер көбінде көмір байытуға қолданылады. Оның кесектігі 300 мм-ге дейін болса олар тиімді жұмыс істей алады.

Ауыр орталы гидроциклондар (КГ, ІТ). Олардың конструкцияларының классификациялау мақсатымен қолданылатын гидроциклондардың конструкциясынан айырмашылығы жоқ, тек көлбеу

орнатылады (20°-тай). Бұл аппараттарда байытылатын кен түйіршіктерінің диаметрі 0,2-0,5 мм-ге дейін төмендеуі мүмкін. Бататын түйіршіктердің шөгу жылдамдығы ортадан тепкіш күш әсерімен арттырылады. Гидроциклонның орнатылу көрінісі 49–суретте келтірілген.

Суспензия байытылатын кенмен бірге гидроциклонның цилиндрлі бөлігіне (1) тангенциалды (жанама) орнаған патрубок (2) арқылы түседі. Заттың қысымымен айналма қозғалысты траекториямен түсуінің нәтижесінде пайда болатын ортадан тепкіш күш әсерімен ауыр түйіршіктер және суспензидің біразы аппараттың ішкі қабырғасына ығыса төмен жылжып құмды патрубоктен (5) шығады. Жеңіл фракция және суспензияның негізгі бөлігі ағызынды патрубок (3) арқылы шығарылады.



49 – сурет. Ауыр ортада бөлгіш гидроциклон:
1-корпус; 2-түсіргіш патрубок; 3-ағызынды патрубкасы; 4-тіреу; 5-құм патрубкасы.

Гидроциклондардың жұмыс істеуіндегі ерекшеліктері сол түйіршіктердің шөгу жылдамдығы ондаған есе өседі, қозғалыс әсерімен суспензияның структурасы бұзылып, оның тұтқырлық қасиеті үлесі белгілі мөлшерден артпайды.

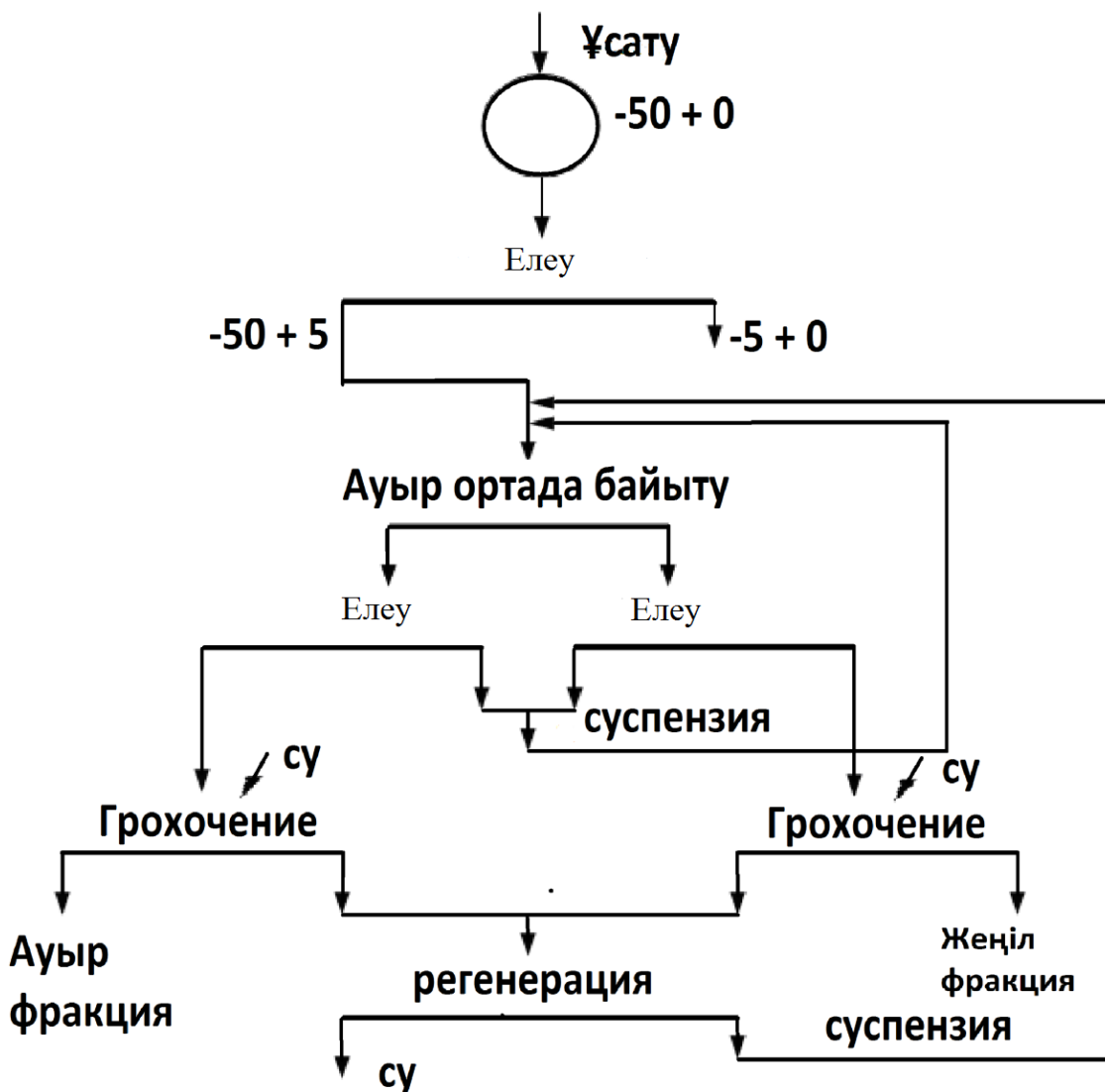
Осындай екі өнімді гидроциклондар қосақтандырыла бір агрегат түрінде жасалса, онда оларды *ауыр орталы үш өнімді гидроциклондар* деп атайды. Демек, концентрат және қалдықтан (ауыр және жеңіл фракциялар) басқа екі аралықты өнім алынады. Соның нәтижесінде ауыр және жеңіл фракциялардың тазалығы артады.

Енді кенді ауыр суспензияда байыту процесінде ауыр және жеңіл фракциялармен бірге шығатын суспензид олардан қалай бөлініп алынатынын, соның нәтижесінде процеске қайта қайтарылатынын қарастырайық.

Суспензид ұсақ түйіршіктері ауыр және жеңіл фракциялармен бірге шығатын сумен аралас шығады. Оларды бөліп алу үшін тор тесіктерінің диаметрі суспензид түйіршіктерінің диаметрінен үлкен, ал түйіршіктерінің (кесектерінің) диаметрінен кіші елеуіштерге түседі. Ол елеуіштерден өткен суспензия насоспен ваннаға қайтарылады. Елеуіш торларының үстінде қалған кен кесектерінде әлі де болса олардың бетіне суспензид түйіршіктері

жабысып бірге қалады. Оларды кесектерден бөліп алу үшін ауыр және жеңіл фракциялар екінші рет басқа елеуіштерге түсіп, үстінен су себу арқылы шайылып бөлінеді. Осылай екінші елеуіштерден алынған суспензияның тығыздығы қосылған сумен сұйылуының нәтижесінде көп төмендейді. Оның тығыздығын бұрынғы қалпына келтіру үшін суспензиядан суспензойдты белгілі әдіспен бөліп алып, оны тек белгілі көлемді ғана (есептелініп табылатын) сумен араластырып, процеске қайтару қажет.

Суспензойдты сұйылған суспензиядан бөлу әдісі суспензойд қандай минералдан (заттан) жасалғанына байланысты. Егер, мысалы, суспензойд ретінде магнитті ферроцилий қолданылса, онда олардың түйіршіктері суспензиядан магнитті бөлгіштерді қолдану арқылы бөлінеді. Егер галенит қолданылса, оны суспензияны флотациялау арқылы бөліп алуға болады. Осы процестерді *регенерациялау процестері* деп атайды. 50-суретте кенді ауыр суспензияда байытуда қолданылатын операциялардың тізбегі схема түрінде келтірілген.



50-сурет. Ауыр ортада бөлу технологиясында қолданылатын операциялар тізбегі

7.7 Пневматикалық (ауа күшімен) байыту

Ауа күшімен байыту тек қажетті жағдайларда ғана жүргізіледі.

Оған себеп болатын жайлар – өңдеу құнының төменділігі, судың тапшылығы, алынған өнімнің құрғақ болуының қажеттілігі. Бұл әдіс көбінде концентрат түрінде алынатын заттың тығыздығы қалдықта қалатын минералдардың тығыздығынан аз болғанда қолданылады. Оларға жататындар, мысалы, қара және бурыл көмір, асбест және т. с. с.

Ауа күшімен байытуда суда жүргізілетін гравитациялық процестерде қолданылатын заңдылықтарға негізделген. Мұнда да минералдар тік бағытта үздіксіз не үзілімді қозғалатын ауа ағымында бөлінеді. Бірақ бұл процестің өз ерекшеліктері бар. Мысалы, мұнда түйіршіктердің ақырғы шөгү жылдамдығы ауа тығыздығы судан көп төмен болғандықтан ұзағырақ уақыт ішінде қалыптасады. Оған ортаның тұтқырлығының аз болу да себеп болады. Осы себептермен ауа күшімен байытылғанда минералдардың бөліну дәрежесі төмендеу болады, және тек ұсақ және құрғақ зат қана байытылады.

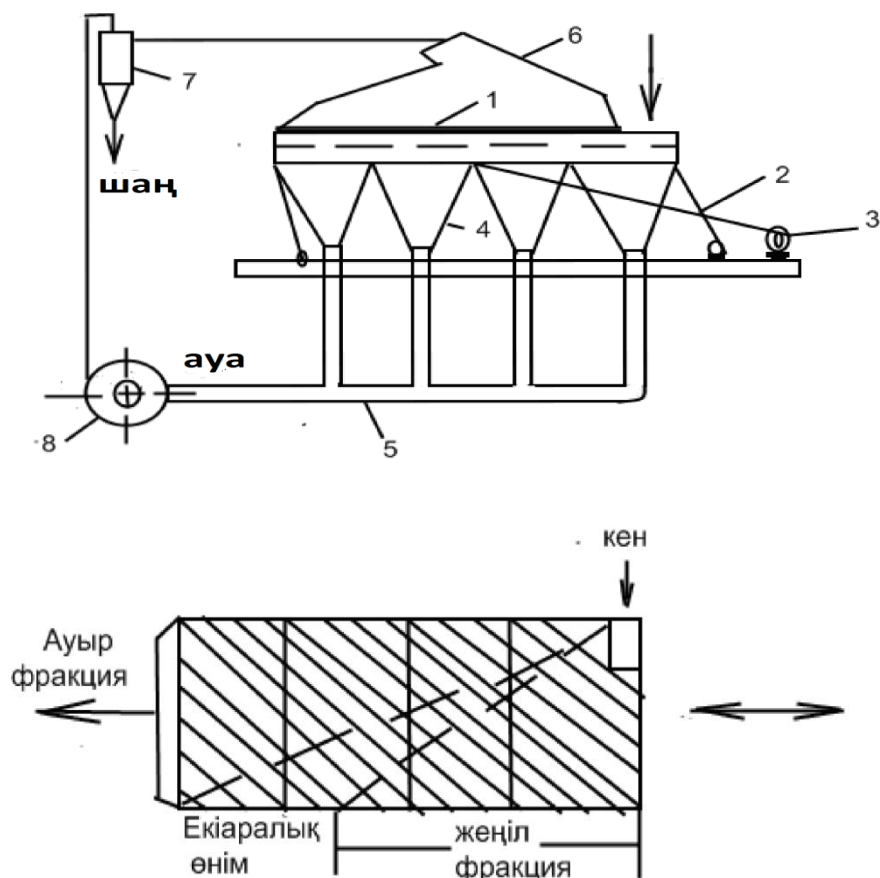
Бұл әдіспен байытуда екі түрлі аппарат қолданылады: пневматикалық бөлгіш және пневматикалық отсадкалау машиналары. Екеуінде де бастапқы зат тор үстіне түседі. Тор арқылы оның астынан қысыммен берілетін ауа ағымы үздіксіз не үзілімді өтеді. Ауа күшімен зат қабаты қопсып, қозғалысқа келеді. Ауыр түйіршіктер астыңғы қабатқа түсіп, жеңіл түйіршіктер үстіңгі қабатқа жиналады да, әр қабат әр түрлі бағытта жылжи қозғалып бөлінеді. Процесс жеңіл жүру үшін ауа ағымының күші жеткілікті болуы қажет.

Пневматикалық бөлгіштердің (СП, ОСП, СПБ) конструкциялары концентрациялау столдарының конструкциясына ұқсас. Оның схемалық көрінісі 51–суретте келтірілген.

Бөлгіштің негізгі бөлшегі төрт бұрышты дека (1). Ол шарнирлы тірегіштерге (2) орнатылған. Дека электр двигателден (3) эксцентрикты механизм арқылы ілгерінді-кейінді тербеліске келтіріледі.

Дека көлбеу орнатылған: бастапқы зат түсетін шеті төменірек, ал екінші шеті жоғарырақ орнаған (көлбеулік мөлшері 4-11°). Сол сияқты көлденең бағыттада оның көлбеулігі 12° жетеді. Дека үстіне орнатылған рифлдер ұзын өске бұрыш жасай көлбеу қағылған және әр қайсысының ұзындығы деканың бір шетіне екінші шетіне дейін жетеді. Деканың концентрациялау столының декасынан айырмашылығы ол болат қабатынан жасалған тесікті тордан тұрады. Тор асты деканың ұзын бойына бірнеше секцияға (4) бөлінген. Әр секцияға ауа ортақ ауа құбырынан (5) түседі.

Бастапқы зат дека бетіне бір қалыпта түсіріледі. Ауаның қопсыту әсерінен қабаттарға бөлінген түйіршіктер тербету күші әрекетімен әртүрлі бағытта жылжи бастайды; ауыр түйіршіктер (астыңғы қабат) деканың бастапқы зат түсетін шетіне қарама-қарсы шетіне жылжиды да, ал үстіңгі қабат төменгі шет бойына жылжиды. Екі аралық өнім шекаралық траекториямен қозғалады. Демек, процесс концентрациялау столындағы жүретін процеске ұқсас.



51 – сурет. Ауамен бөлгіштің және оның жұмыс істеу схемасы
 1–дека; 2 – шарнирлі тірегіштер; 3 – электроқозғалтқыш; 4 – конусты секция;
 5 – ауа құбыры; 6 – зонт; 7– циклон; 8 – желдеткіш.

Ауа ағыны күшімен бастапқы зат ішіндегі өте ұнтақталған зат шаң болып ұшады. Оны ауаға шығармас үшін дека үстіне зонт (6) орнатылады. Шаңды ауа зонт ішінен сорылып циклонға (7) түседі. Онда ұсталған шаң бөлінеді де, тазаланған ауа қайтадан желдетішке (8) түседі.

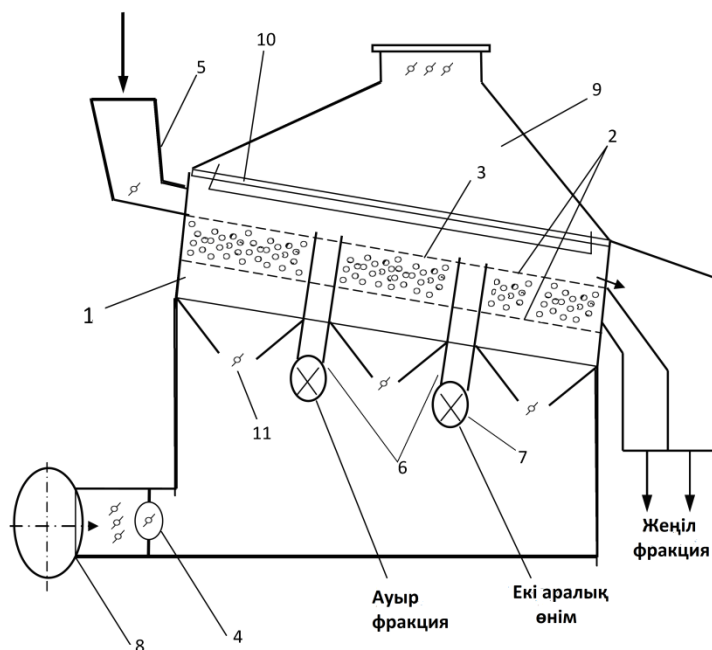
Пневматикалық бөлгіштердің техникалық сипаттамасы төмендегідей:

деканың ауданы, м ²	6,5-17
тербеліс жиілігі, мин ⁻¹	200-450
ауаның үлесті шығыны, мың м ³ /сағат·м ² /	6,5-15,5
өнімділік, т/сағат	40-100

Пневматикалық отсадкалау машинасы (ПОМ). Оның жалпы көрінісі схемалық түрде 52 – суретте көрсетілген.

Еш саңылаусыз (ауа кірмес үшін) жасалған және горизонтқа 10-11⁰ көлбеу орнатылған корпус (1) ішінде тесіктерінің диаметрі 1,2-1,5 мм екі тор (дека) (2) орнатылған. Екі тор арасына диаметрлері 15 мм фарфор шарлары (3) толтырылған. Олар тор астына тік бағытта берілетін ауаның біркелкі жайыла шығуына себеп болады. Камерадағы тор астындағы кеңістік оның ұзын бойына қалқамен екіге бөлінген. Демек, торлы дека екі жарты декадан

тұрады деуге болады. Ауа осы екі бөлімге клапан – пульсатор (4) арқылы кезек беріледі: бір бөлімге ауа түскенде, екінші бөлімге түспейді. Сөйтіп әр жарты декаға ауа үзілімді беріледі. Тордан және зат қабатынан өткен шаңды ауа корпус үстіне орнатылған зонт (9) астындағы кеңістіктен арнаулы жеке желдеткішпен тартылып тазалағыш циклондарға түсіп, одан әрі атмосфераға шығарылады.



52-сурет. Ауамен отсадкалау машинасының схемалық көрінісі:

1–корпус; 2–тор; 3–фарфор шарлары; 4–клапан-пульсатор; 5–секторлы затвор; 6–шығарғыш қалталар; 7–винтті конвейерлер; 8–желдеткіш; 9–зонт; 10–тегістегіш плита; 11–клапан.

Бастапқы көмір дека үстіне ішіне заттың түсуін реттейтін секторлы – затвор (5) орнатылған бункерден түседі. Көмір әр жарты дека үстіне белгілі қалыңдықпен біркелкі түсу үшін үстіңгі тордан 50 мм биіктікке, тесігінің диаметрі 50×50 мм үшінші тор (10) орнатылған. Оның төменгі екі тордан айырмашылығы – ол шарнирлі ілгіштерге ілініп арнаулы қондырғымен тербелімді қозғалысқа келтіріледі.

Сонымен дека үстіне түскен зат кесектері салмағына қарай үзілімді ауа ағымы әсерімен кіші тесікті үстіңгі тор үстінде әртүрлі қабаттарға жиналады. Көмір (жеңіл фракция) үстіңгі қабатта қалып, ал тау жыныс минерал кесектері астыңғы қабатқа түседі. Осы екі қабат арасына екі аралықты қасиетті түйіршіктер жиналады.

Ауа деканың ұзын бойына бірқалыпты түсу үшін және әр қабаттағы фракциялардың шығымын және сапасын реттеу үшін торлар астындағы кеңістік көлденең бағытта үш секцияға бөлінген. Әр секцияға түсетін ауа көлемін арнаулы клапандармен (11) реттеуге болады. Әр секцияның біткен жерінде торларда жарықшалар бар. Астыңғы қабаттағы зат ығыса келе сол

жарықшалар арқылы қалталарға (6) түседі. Олардан винтті конвейерлер (7) арқылы үздіксіз шығарылып отырады. Сөйтіп бірінші секцияның біткен жеріндегі жарықшаққа ең ауыр фракция бөлініп түседі. Бұл кезде үстіңгі қабаттар тура жылжи береді. Екінші секция біткен жердегі жарықшаққа екі аралық қасиетті кесектер түседі. Ақырғы секциядан ең үстіңгі қабат (көмір концентраты) шығады. Егер оның сапасын көтеру керек болса бұл қабатты екі қабатшаға бөліп алуға болады, демек үстіңгі қабатша таза көмір қабаты түрінде, ал астыңғы қабатша екі аралық өнім түрінде алынады. Ол қабатты қабатшаларға бөлу үшін көлденең бағытта жоғары – төмен түсіруге болатын шибер орнату қажет.

Осы келтірілген жайлардан пневматикалық отсадкалау машинасының жұмысы сумен істейтін машиналардың жұмысынан еш айырмашылығы жоқ екенін көреміз. Бұлардың техникалық сипаттамасы төмендегідей:

Тор ауданы, м ²	2,6 – 4,4
Ауаның берілу жиілігі, мин ⁻¹	125 – 420
Ауаның шығыны, мың м ³ /сағат	19 – 24
Ауаның қысымы, МПа	27 – 37
Өнімділігі, т/сағат	80 – 100

7.8 Гравитациялық байытудың технологиялық схемалары

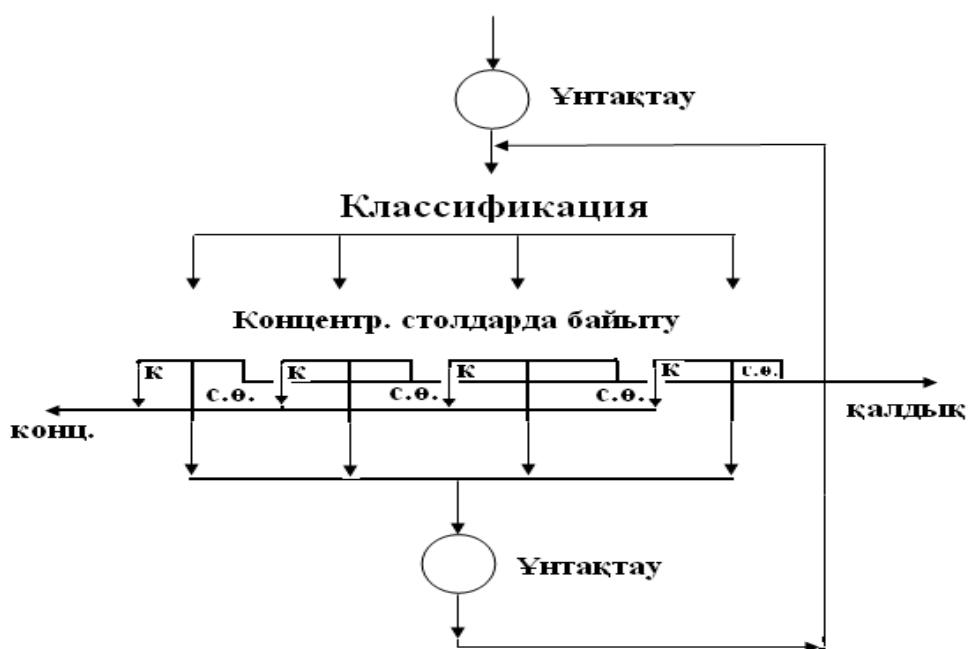
Пайдалы қазбалардың қай түрі болмасын байыту процесінде бірнеше не көптеген операциялардан өткізіледі. Демек, кеннен (сол сияқты көмірден де) тек бір операция ғана жүргізіп ақырғы өнімдер (концентрат және қалдық) алу қиын. Қолданылатын байыту операцияларының қажеттігі және саны бастапқы байытылатын заттың қасиеттеріне байланысты.

Байыту алдында жүргізілетін дайындағыш процестердің схемалары 4 – тарауда келтірілген. Бұл параграфта тек олардан кейін жүргізілетін гравитациялық байыту технологияларының ең қарапайым схемалары келтірілген. Іс жүзінде байыту фабрикаларында қолданылатын технологиялық схемалар әлдеқайда күрделі келеді. Әдетте оларда бір ғана процесс түрі (мысалы, отсадка және т.б.) емес, бірнеше процестер қолданылады.

53–суретте кеннің концентрациялау столдарында байытылғанда қолданылатын үлгі схема түрі келтірілген.

Ұнтақталған кен камералық гидроклассификаторда бірдей шөгу принципімен төрт не бес класқа бөлінеді. Әр ірілікті класс сол ірілікке сай режимде жұмыс істейтін концентрациялау столына түседі. Әр столдан екі не үш өнім алынады. Бірінші вариант – басқы столдарда екі өнім алынады. Егер қалдық ақырғы өнім ретінде алынса, концентраттың сапасы төмен болады да, ол оған бағалы зат бөлу дәрежесі жоғары болады. Сондықтан концентрат тазалау операцияларына түседі. Соның нәтижесінде сапалы концентрат және екі аралықты өнім алынады. Ақырғы аталған өнім қосымша ұнтақталғаннан кейін қайтадан байыту процесіне түседі. Екінші вариант – басқы столдарда тағы екі өнім алынады: ақырғы өнім ретінде жоғары сапалы

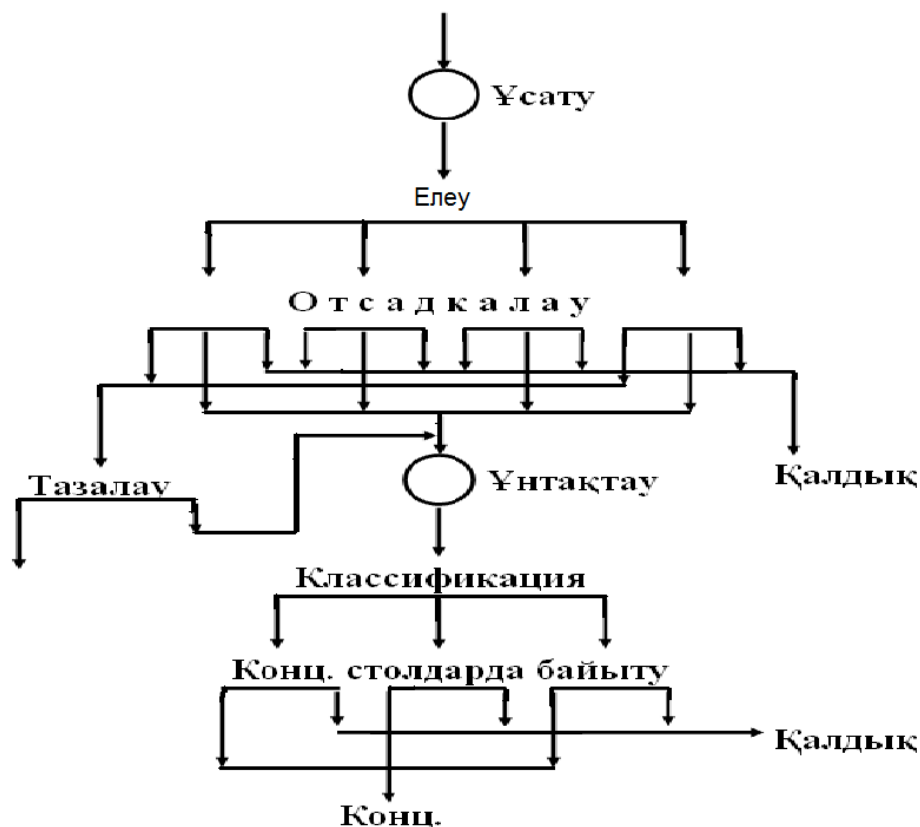
концентрат және құрамында бағалы зат үлесі жоғары қалдық. Соған байланысты қалдық қосымша уақталады да қайта байытылады. Үшінші вариант – басқы столдардан үш өнім алынады: ақырғы өнімдер ретінде концентрат және қалдық, ал екі аралық өнім ретінде бөлінген зат қосымша ұнтақталып, қайта байытылады. Ақырғы вариантпен байыту ең тиімді технология болып табылады. Себебі қосымша ұнтақтауға шығымы аз тек екі аралық өнім ғана түседі. Ең тиімсізі ретінде екінші вариантты атауға болады. Айта кету керек, іс жүзінде әр түрлі технологиялардың тиімділігі не тиімсіздігі тек кеннің қасиетімен анықталады. 53 – суретте столдарда байыту технологиясының үшінші вариантының ең қарапайым түрі келтірілген.



53 – сурет. Жыйнағыш столдарда кен байыту технологиясының мысалды схемасы

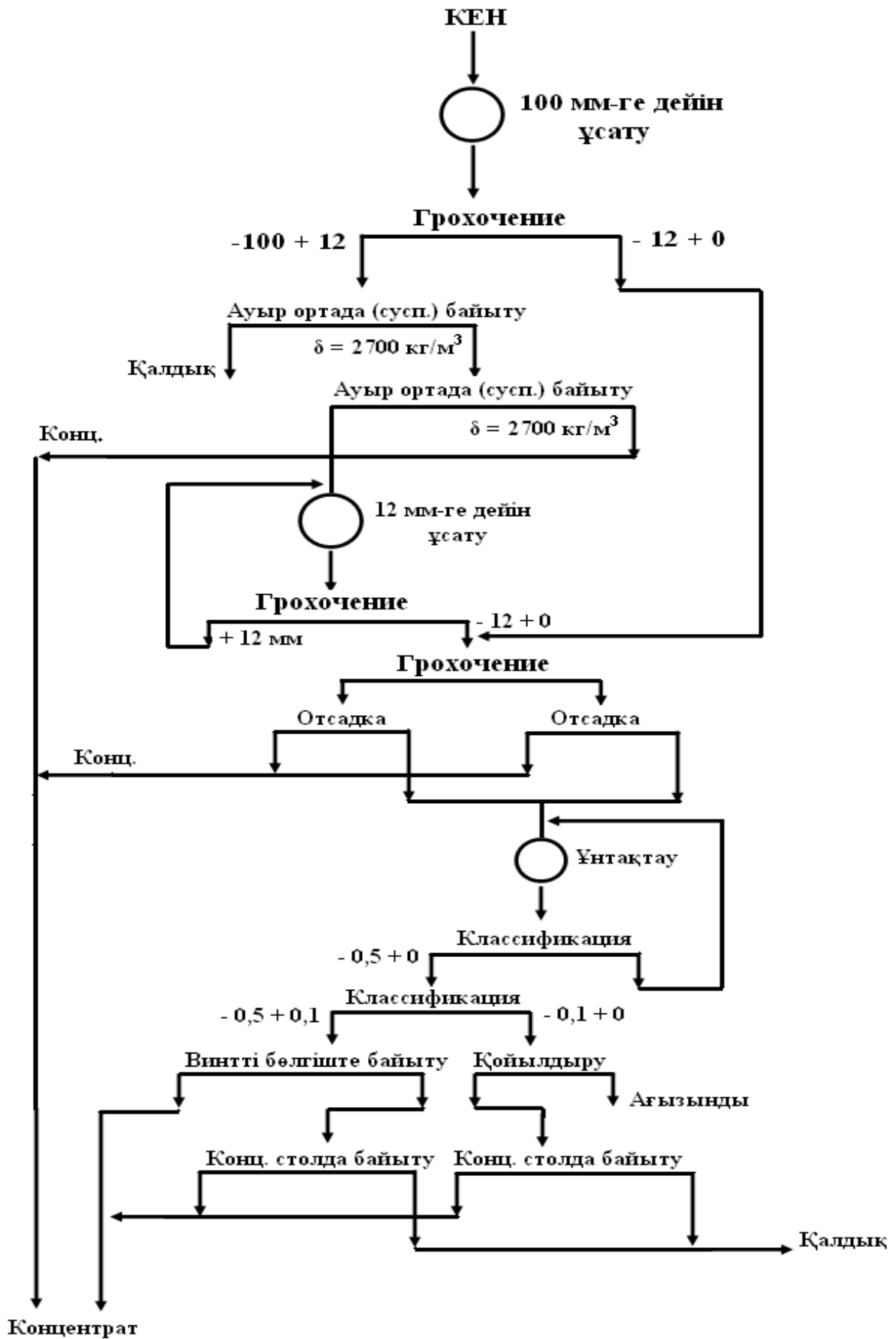
Егер кен ірі сеппелі болса байыту технологиясы белгілі мөлшерге дейін ұсату процесінен кейін жүргізіледі. Мұндай жайда байыту отсадка процесін қолданудан басталады. Ұсақталған кен (5–50 мм) елеуіштерде ірілік кластарға бөлінеді. Әр класс жеке отсадкалау машиналарына түседі. Отсадкалау технологиялық процестері де жоғарыда сипатталған варианттармен жүргізіледі. Айта кететін жай – кен, әсіресе түсті металл кендері, ірі сеппелі түрде сирек кездеседі. Соған байланысты ұсатылған кеннен концентратты ақырғы өнім ретінде алу қиын. Сондықтан көпшілік жағдайда бастапқы отсадкалау машиналарынан алынатын концентрат уақталады. Уақталу дәрежесіне қарай одан әрі не отсадкалау машиналарында не концентрациялау столдарында байытылады. Осы айтылған жайдан шығарылатын қорытынды: кендер байытылғанда отсадкалау қолданылса, оған қосымша басқа да гравитациялық процесс түрлері қолданылып

отырады. 54 – суретте отсадкалап байыту технологиясының тек бір варианты ғана келтірілген.



54 – сурет. Отсадкалаумен кен байыту технологиясының мысалды схемасы

55–суретте мысал ретінде ірілі-ұсақты сеппелі кенді әртүрлі гравитациялық процестерді қолданып байытудың технологиялық схемасы келтірілген. 100 мм-ге дейін ұсатылған кен екі ірілік кластарға бөлінеді: -100+12 және -12+0 мм. Ірі клас (-100+12) ауыр суспензияда байытылып даяр алынады. Ауыр фракция тығыздығы жоғарылатылған екінші суспензиядан одан даяр концентрат бөлінеді. Алынған жеңіл фракция 12 мм-ге дейін ұсатылып (оған бастапқы бөлінген -12+0 класы қосылады) екі ірілік кластарға бөлінеді: -12+5 және -5+0 мм. Олардың әрқайсысы отсадка процесімен байытылып даяр концентраттар (ауыр фракциялар) алынады да, жеңіл фракциялары қосылып ұнтақталғаннан кейін концентрациялау столдарында және винтті бөлгіштерде байытылады. Демек, кеннің сеппелігінің ірілігіне қарай гравитациялық процестердің әртүрлі комбинациялары қолданылуы мүмкін. Олардың тиімді варианттарын таңдау алдын-ала көптеген ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу арқылы анықталады. Кеннің сеппелік дәрежесіне және минералдардың қасиетіне қарай гравитациялық процестермен қатар басқа да байыту әдістері қолданылуы мүмкін. Мысалы, көптеген кен түрін байытуда гравитациялық және флотациялық әдістер бірге жиі қолданылады.



55 – сурет. Кенді бірнеше гравитациялық процестерді қолданып байыту технологиясының мысалды схемасы

Ауыр суспензияда байытуда қойылатын мақсаттар бесінші параграфта сипатталды. Ұсақ сеппелі кен байытылғанда бұл процестен тек жеңіл фракция ақырғы өнім (қалдық) ретінде алынады. Ауыр фракция алдын – ала жасанды байытылған кен ретінде кейін ұсақтау, ұнтақтау және одан ары байыту процестеріне түсіп даяр концентрат және қалдықтар алынады. Тек көмір байытылғанда әр фракция ақырғы өнім ретінде алынады: жеңіл фракция (көмір) концентрат, ал ауыр фракция (тау жыныс минаралдары және басқа қосымшалар) қалдық болып саналады.

7.9 Кенді шаю

Шаю процесі көбінде темір және марганец кендерін, сондай-ақ шашыранды кен орындарынан алынатын алтын, қалайы, вольфрам және тағы басқа түсті металл кен түрлерін байыту алдында қолданылады. Бұл кен түрлеріне тау-жыныс минералдардың белгілі табиғи құбылыстарының әсерімен біртіндеп бұзылып, талқандалып балшық түріне айналып кетеді. Осындай кен, мысалы, ұсату не ұнтақтау процестеріне түссе қолданылатын аппараттардың жұмыстарын қиындатып өнімділіктерін төмендетеді, ал байыту процестерінің тиімділігін азайтып, технологиялық көрсеткіштерге әсерін тигізеді. Соған байланысты кен алдын-ала шаю процесінен өткізіледі. Бұл процесс кезінде кен сумен араластырып, кен кебектері (түйіршіктер) шайылып, балшықты лай бөлініп шығарылады. Лайлы су әрдайым тек қалдық түрінде алынады. Жуылып шайылған кен өте сирек жағдайда даяр концентрат күйінде алынуы мүмкін. Көпшілік жағдайда онда тау-жыныс минералдарының үлесі басым болады да, олардан тазалау үшін байыту процестеріне түсіріледі. Демек, шаю процесі негізінде дайындағыш процесіне жатады.

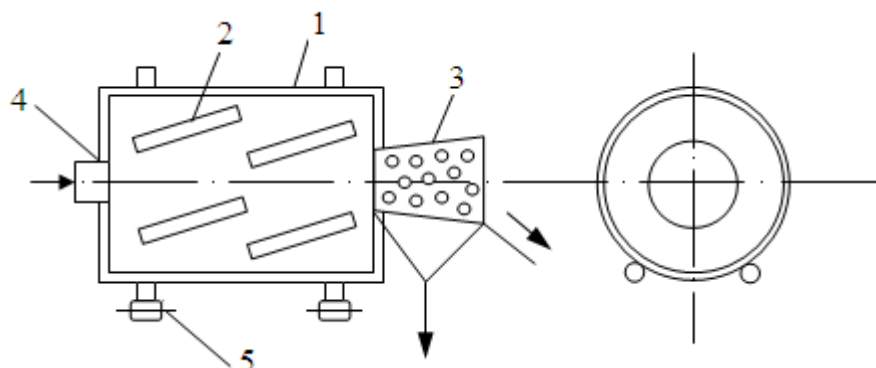
Шаю процесінің өнімділігі балшықтың кендегі үлесі және оның құрамымен структурасына тәуелді. Соларға байланысты олар шартты түрде оңай, орташа және шайылымды типтерге бөлінеді де, әртүрлі аппараттар қолданылады.

Оңай шайылған кендер үшін *дірілдеуік елеуіштер* қолданылады. Кен елеуіш үстінен қатты ағынмен себілетін сумен жуылады. Елеуіш тесіктерінің диаметрі лайлы су өтетіндей, ал бағалы зат түйіршіктері өтпейтіндей болуы керек.

Орташа шайылымды кендерді шаюға көбінесе *барабанды елеуіштер* қолданылады. Илектелген балшықтың шайылуын жеңілдету үшін су үлкен қысыммен беріледі. Балшықты тез қопсыту үшін барабанның ішкі қабырғасының ұзын бойына кедергілер орнатылады. Солардың әсерімен балшық кесектері барабан айналғанда біраз биіктікке бірге көтеріле барып құлап тез қопсиды. Барабанды елеуіштер кенді шаю мақсатында қолданылғанда оларды *бутарлар* деп атайды.

Елеуіштерде шайылған кен кесектерінің диаметрі 200 мм-ге дейін жетуі мүмкін.

Орташа шайылымды кендерді жууға *скруббер-бутарлар* да қолданылады. Ол екі бөліктен тұрады. Бірінші бөлігі диірмендердің корпусына ұқсас, ақырын жылдамдықпен айналып тұрған цилиндрлі барабан (1) (56 – сурет).



56 – сурет. Скруббер-бутардың схемалық көрінісі:
1 – барабан; 2 – брус; 3 – бутар; (барабанды елеуіш);
4 – түсіргіш мойын; 5 – ролик.

Оның ішіне материалды жоғары көтере құлатып жақсы араластыратын көлбеу темір брустар (2) қағылған. Бөшке роликті тірегіштердің үстінде айналады. Кен бөшкенің бір басынан түседі де екінші басынан шығады. Осы екінші басындағы тесікті қақпаққа екінші бөлігі – барабанды елеуіш (бутар) (3) орнатылған. Бөшкенің айналым саны аумалы айналым санының 50-60%-ке тең болуы керек. Соның нәтижесінде кеннің ірі кесектері белгілі биіктен құлап балшықты кесектерді езе қопсытады. Бөшкеге су кеннің бөшке ішінде қозғалу бағытына қарама-қарсы бағытта, яғни бутар орнатылған қақпақтағы тесікке беріледі. Бөшкенің шығару тесігіне жақын оның ішіне улиткалы шөміш орнатылған. Ірі кен кесектері сонымен көтеріліп бутарға түсіріледі. Балшықты лайлы су бутар тесіктерінің өтіп кеннен бөлінеді.

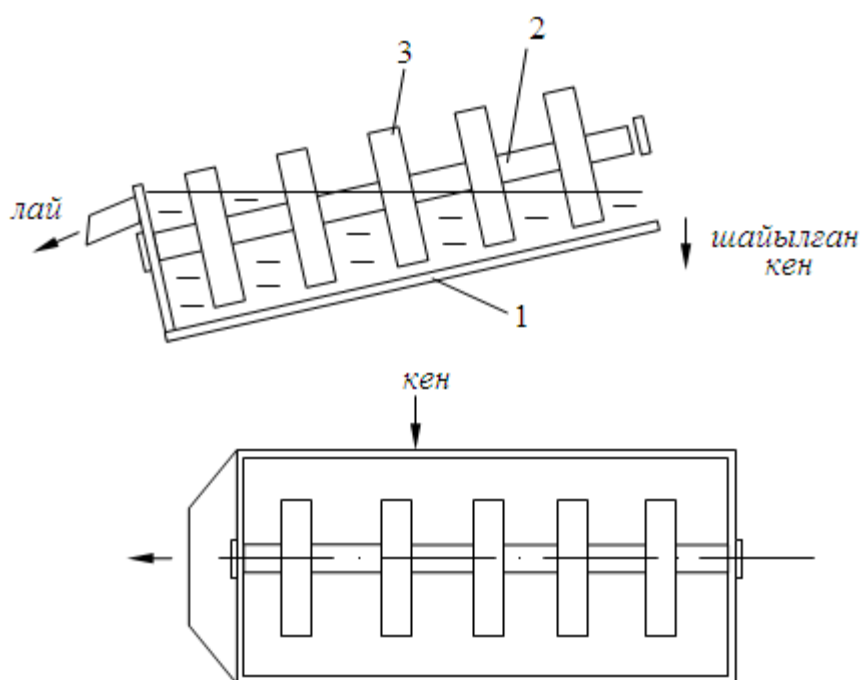
Скруббер – бутарлардың жалпы ұзындығы 10 метрге дейін жетеді. Кен кесектерінің ірілігі 300 мм-ге дейін болуы мүмкін. Су шығыны бір тонна кенге 2-6 м³.

Қиын шайылатын кендер үшін көбінде *науалы жуғыштар* қолданылады. Бұлардың конструкциялары спиральді классификаторларға ұқсас. Олар ұзындығы 10 метрге дейін, көлбеу не горизонталь орналасқан, түбі дөңгелектеніп келетін науадан (1) (57–сурет) тұрады.

Науа ішінде тұратын бір не екі вал (2) орнатылған. Валға спираль траекториямен дөңгелек қалқандар (3) бекітілген. Бастапқы кен науаның төмендегі шетіне жақын жерге түсіріледі. Су науа үстіне ағынмен себіледі.

Балшықтан тазаланған кен кесектері (түйіршіктері) қалақтардың әсерімен жылжып, оның жоғары басынан асып шығады, ал лай су науаның төменгі шетіндегі тесіктен ағып кетеді. Лай суға шығатын түйіршіктердің ірілігін берілетін су шығынымен реттеуге болады: су неғұрлым көп берілсе, соғұрлым лайға шығатын заттың ірілігі артады.

Науалы жуғыштарға түсетін кен кесектерінің ірілігі 80 мм-ден артпайды. Су шығыны бір тоннаға 2-6 м³. Өнімділігі кендегі балшықтың үлесіне тәуелді. Әдетте сағатына бірнеше жүз тоннаға жетеді.



57– сурет. Науалы шайғыштың схемалы көрінісі:
1 – науа; 2 – вал; 3 – дөңгелек қалқандар.

Келтірілген аппараттардан басқа кейінірек кезде қолданылып жүрген аппарат *шайғыш башнялар*. Олардың ерекшелігі сол-аппарат ішінде қозғалмалы бөлшектер жоқ. Башня ішінде шайылған кен түйіршіктері қысыммен берілетін ауа күшімен бөлініп шығарылады. Соның нәтижесінде кен түйіршіктерінің беті аз ысылады да ұнтақталмайды. Демек, бұл аппараттар мортты кен түрлерін жууға тиімді қолданылады.

8 Флотациялық байыту әдістері

8.1 Флотациялау процесі туралы жалпы түсініктер

Пайдалы қазбаларды байытуда флотация ең көп тараған байыту әдісіне жатады. Қазіргі кезде ол пайдалы қазбалардың барлық түрін байытуға қолданылады, Түсті және сирек кездесетін металдар кендерін байытуда ол негізгі әдіс болса, қара металдар кендерін, көмірді және кейбір қазба түрлерін байытуда басқа әдістерімен бірге қолданылады. Флотацияның универсалды әдіс болуының себебі ол минералдардың физика-химиялық қасиеттерінің айырмашылығына негізделген. Ол қасиеттер әр минералда әртүрлі. Оған жататындар: минерал құрайтын атомдар қасиеті, олардың валенттігі, кристалдық тордағы ара қашықтықтары, өз ара байланыс түрі, тор типі және

т.б. Осыларға байланысты минерал түйіршіктерінің беті сумен әртүрлі әрекеттеседі: кейбірі өте жақсы суланса, кейбірі нашар суланады. Егер су ішіне ауа көпіршіктері енгізілсе беті суланбайтын минерал түйіршіктері оның бетіне жабысады, ал суланған түйіршіктер көпіршікке жабыспай су ішінде қалып қояды. Суланбаған түйіршіктер ауа көпіршігіне жабысқан түрде бірге қалқып су бетіне шығады. Демек, флотация процесінде минералдардың бөлінуі олардың су ішінде ауа көпіршіктеріне таңдамалы жабысуына негізделген. Көбікке суланбайтын минерал жыйналады да, су ішінде суланатын минерал қалады. Флотацияның осы ең көп тараған түрі **көбікті флотация** аталады.

Флотацияның басқа байыту әдістерден ерекшелігі сол - кеннің ұнтақтығы 0,15-0,2 мм-ден артпауы керек (тек сирек қолданылатын кейбір флотациялау процесі түрлерінде ірілік 1-2мм-ге жетуі мүмкін). Демек, сеппелігіне байланысты өте майда ұнтақтауды қажет ететін кендерді байытуда тек флотация ғана қолданылады.

Минералдарды флотация әдісімен бөлуде олардың сулануындағы табиғи айырмашылық жеткіліксіз. Сондықтан олардың сулану айырмашылығын жасанды түрде арттыру қажет. Ол үшін көптеген түрлі химиялық заттар қолданылады. Оларды *флотациялау реагенттері* деп атайды. Реагенттерді дұрыс таңдап қолданудың нәтижесінде кейбір минералдардың су жұқтыруы төмендеп флотацияланады да, ал кейбірінің су жұқтыруы артып флотацияланбайды.

Егер флотациялауда кеннен бірнеше минералдар бірінен соң бірі жеке бір металды концентрат түрінде алынса, онда процесс **селективті флотация** деп аталады. Егер кеннен екі не одан көп минералдар бірге флотацияланса, онда концентрат көп металды болады да процесс **коллективті флотация** деп аталады. Алынған концентрат коллективті концентрат деп аталады. Коллективті концентрат әрдайым бір металды концентраттарға бөлінеді. Мұндай жағдайда процесс **коллективті–селективті флотация** деп аталады.

Көпшілік жағдайда кеннен бағалы минералдар флотацияланады. Онда процесс *тура* флотациялау деп, ал керісінше, тау – жыныс минералы флотацияланса (сирек қолданылады) процесс *кері* флотациялау деп аталады.

Флотация әдісі дамуында оның бірнеше түрі ашылды. Ең алдымен *майлы* флотация белгілі болды. Ұнтақталған кенге (су ішінде) әр түрлі мөлшерде минералды майлар (мұнай өнімдері) қосылып араластырылды. Беті аз суланатын минералдар түйіршіктері май түйіршіктерінің бетіне жабысып, су бетіне қалқып шығады. Осыдан соң минерал түйіршіктері май қабатымен бірге сыпырылынып алынады да майдан бөлінеді. Осы әдіспен флотациялағанда май шығыны зор болды. Мысалы, бір тонна кенге 10кг не одан көп май жұмсалады. Демек, процестің тиімділігі және өнімділігі төмен болды. Осыған байланысты ол өндірісті көлемде тарамдады.

Егер құрғақ, ұсақ ұнтақталған кенді өте біркелкі су бетіне сепсе су жұқтырмайтын минерал түйіршіктері қалқыйды да, ал суланғыш минералдар түйіршіктері бірден батып кетеді. Процестің бұл түрін *қабыршықты флотация* деп атайды. Өнімділігінің өте төмендігіне байланысты бұл

процесте өндірісте қолданылмайды. Оны тек лаборатория жағдайында әр түрлі мақсат үшін таза минералдар бөліп алуға қолдануға болады.

Пульпа (суспензия) ішінен суланбайтын минерал түйіршіктерін майланған жазық бетке қабырғаға жабыстырып бөліп алуға болады. Өндірісте бұл әдіс кеннен алмаз түйіршіктерін бөліп алуға қолданылады. Мысалы ұнтақталған кен түбінің беті майланған науа арқылы өткізіледі. Осы кезде алмаз түйіршіктері науа түбіне жабысып қалады да, ал басқа минерал түйіршіктері сумен ағып кетеді. Процесс *қатты қабырғамен* флотациялау деп аталып кетті. Кейде оны майлы процесс деп те атайды.

Өндірісте кейде флотация гравитациялық процеспен бірге қолданылады. Процесс **флотогравитация** деп аталады. Гравитациялық процесс ретінде концентрациялау столында байыту не отсадкалау қолданылуы мүмкін. Мысалы, алдын ала гравитация әдісі мен алынған концентратта тығыздықтары жақын екі минерал болуы мүмкін. Демек, олар ешқандай гравитациялық процеспен бөлінбейді. Егер олардың біреуі жақсы суланатын, ал екіншісі нашар суланатын болса онда флотациямен бөлуге болар еді. Бірақ түйіршіктердің ірілігіне байланысты флотациялауға келмейді. Осындай жағдайда флотогравитация процесін қолдануға болады. Ол үшін бастапқы материал қажетті флотореагентпен араластырылады. Осыдан кейін пульпа стол үстіне түсіріледі. Суланбайтын минерал түйіршіктері су бетінде қалқып, көлденең бағытта ағып кетеді. Суланғыш минерал дека үстінде ұзын бағытта жылжып, оның екінші шетіне жақын жерден шығады.

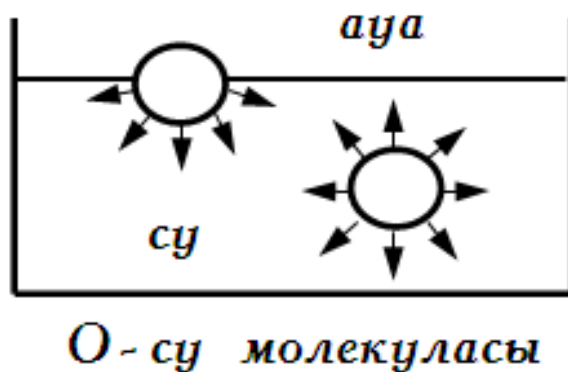
Келтірілгендерден басқада флотация түрлері бар. Олардың барлығы дерлік өндірістік көлемде кен байытуда қолданылмайды деуге болады. Кей бірін тек белгілі бір жағдайларда ғана тиімді қолдануға болады.

8.2 Флотациялау процесінің физика-химиялық негіздері

Ең көп тараған көбікті флотация үш түрлі фазалардың – қатты зат, су және ауа – қатысуымен жүргізіледі. Сондықтан олардың өз ара әрекеттесу дәрежелерінің флотация үшін маңызы зор. Олардың әрекеттесулерінің ерекшелігі сол-өзара байланысқа фазалардың тек бір-бірімен шектескен беттері ғана түседі. Бұл жайды айқын түрде қатты затты мысал етсек жақсы түсінуге болады. Онымен әрекеттескенде су және ауа молекулалары оның тек бетімен ғана байланысқа түседі, іш қабаттарына өтпейді. Демек, фазалар әрекеттескенде олардың шекаралық бет қасиеттері басты роль атқарады. Осыған байланысты фазалардың шекаралық бетіне орналасқан атомдармен молекулалардың қасиеттерінің ерекшеліктерімен танысуы қажет. Оны түсіну үшін сумен ауаның шекаралық қасиетін қарастырайық. 58 – суретте ауамен шектескен судың ішкі және бет молекуласы шар тәрізді көрсетілген.

Судың іш қабатындағы молекула басқа молекулалармен қоршалынып, барлық энергиясы солармен байланысқа жұмсалады. Соның нәтижесінде ол тұрақты энергетикалық жағдайда болады (58 – сурет, 1). Ауамен шекарадағы молекула екі бүйірден төмен қарай қабаттарда орналасқан молекулалармен

ғана байланысқа түседі. Ал үстіңгі жағы ауа молекулаларымен ғана қоршалған (58–сурет, 2). Су молекулаларының өзара байланыс күші олардың ауа молекулаларымен байланыс күшінен көп артық. Соның нәтижесінде беткі молекула су молекулаларымен әрекеттесуге энергиясын жартылай ғана жұмсайды, ал жартылай энергиясы бос қалады. Демек, сумен ауа шекарасында бос бет энергиясы пайда болады.



58 – сурет. Су молекулаларының бет және іш қабаттарда әр күйде болуы

Бос энергиялы молекулалар астыңғы молекулалардың тартылу күшімен төменгі қабатқа "сүнгіді". Олардың орнын басқа молекулалар басып, шек арада үнемі бос энергия сақталады. Сумен ауа шек аралығындағы бұл энергияны бет тартысы деп атайды.

Қатты зат ұсатылғанда атомдар арасындағы байланыс күштері бұзылады. Соның нәтижесінде ауамен не сумен шектескен бет атомдарының энергиясы жартылай босайды, демек бет бос энергиясы пайда болады. Фазалардың өзара әрекеттесу күші олардың шекаралықтарындағы бос энергияның қатынастарына байланысты. Минерал бетінің бос энергиясы артқан сайын оның сумен әрекеттесуі күшейеді, ал бос энергия азайған сайын ауа молекулалары су молекулаларын ығыстыра бастайды.

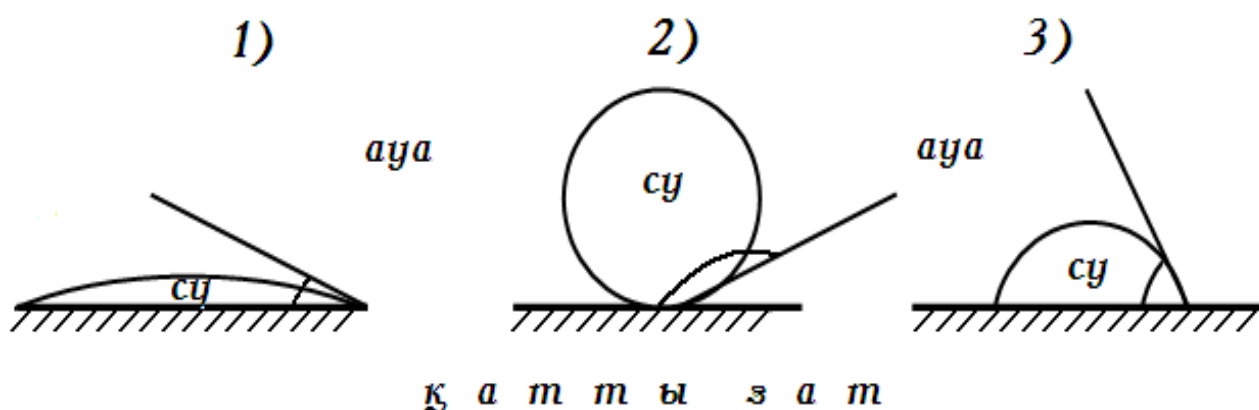
Қатты зат бет бос энергиясының мөлшері зат ұсатылғанда қандай күштері бұзылатынына тәуелді. Егер күшті атом аралық химиялық байланыстар бұзылса онда бет бос энергия жоғары болады, ал осал молекулалық байланыстар бұзылса бос энергия мөлшері өте аз болады.

Минерал бетімен әрекетке түскен су молекулалары реттеліп, бет үстінде структурасы жай су структурасынан өзгеше жұқа гидратты қабат жасайды, демек минерал беті суланады (гидрофилизацияланады). Минералдың бет бос энергиясы төмен болса онда оның бетімен соқтығысатын су молекулалары әрекетке түспейді де, гидратты су қабаты жасалмайды, демек минерал беті гидрофобизацияланады.

Минерал бетінің сулануының дәрежесін бағалау үшін *шеттік сулану бұрышы* деген ұғым қолданылады. Минерал бетіне су тамшысы тамызылса, ол минерал қасиетіне қарай әртүрлі жағдайға түседі. Күшті суланатын минерал бетінде тамшы бірден жайылып жұқа қабат жасайды (59 – сурет, 1),

егер нашар суланатын болса тамшы өзінің домалақ пішінін сақтап қалады. (59 – сурет, 2).

Ал көпшілік жағдайда минералдардың сулану дәрежесіне байланысты әр түрлі пішінде болады. Минералдардың сулану дәрежесін салыстыру үшін өлшем бірлігі ретінде шеттік сулану бұрышы өлшенеді. Ол үшін үш фазаның тиіскен нүктесінен ауа және су шекаралығына жанама сызық жүргізіледі. Осы сызықтың минерал бетімен су жағына қарай жасайтын бұрышты шеттік сулану бұрышы деп атайды. Минералдың сулану дәрежесі артқан сайын сулану бұрышы кішірейіп 0-градусқа және керісінше, сулану дәрежесі төмендеген сайын ол 180 градусқа жақындайды.



59–сурет. Қатты зат, су және ауа шекаралықтарындағы бос энергияға тәуелді қатты зат бетінің күшті сулануы (1) суланбауы (2) және орташа сулануы (3)

Шеттік сулану бұрыш әрекеттесетін үш фазаның бір-бірімен шектесу аралығындағы бос энергиялардың өзара қатынасымен анықталады. Оны табу үшін фазаның түйіскен жерінде шекаралық бос энергиялардың тепе-теңдік шартын қарау қажет. Ол үшін мынадай белгілер қолданылады: $\sigma_{Т-ж}$ - қатты затпен су шекаралығындағы бос энергия; $\sigma_{ж-2}$ – сумен ауа шекаралығындағы бос энергия; $\sigma_{Т-2}$ – қатты затпен ауа шекаралығындағы бос энергия. 53 – суреттен олардың тепе-теңдік шартына сай ара қатынастары былай табылады:

$$\sigma_{\partial-ж} + \sigma_{ж-2} \cdot \cos \theta = \sigma_{\partial-2}$$

бұдан

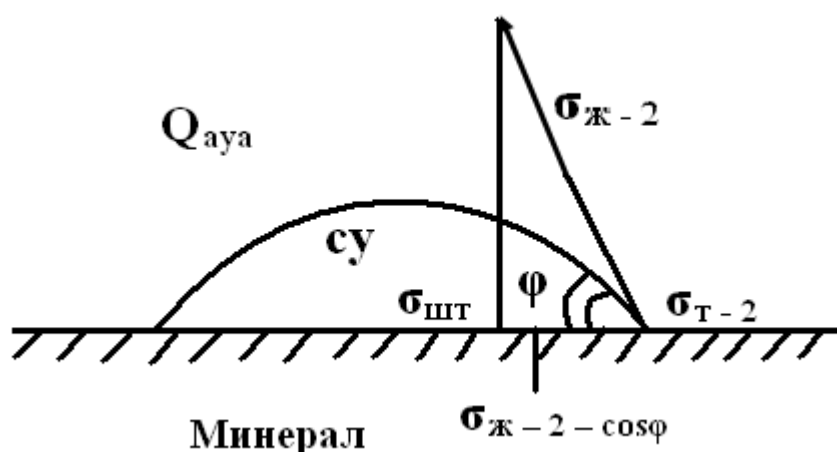
$$\cos \theta = \frac{\sigma_{Т-2} - \sigma_{Т-ж}}{\sigma_{ж-2}}$$

Бұл теңдікті іс жүзінде қолдану қиын. Себебі $\sigma_{Т-ж}$ және $\sigma_{ж-2}$ шамаларын оңай өлшеу әдістері жоқ (тек $\sigma_{ж-2}$ бірнеше әдістермен оңай өлшенеді). Бірақ бұл теңдіктен шеттік сулану бұрышын өсіру не азайту үшін әр шекаралықты бос энергияны қай бағытта өзгерту керек екені өте айқын көрінеді.

Тәжірибеде олардың шамасы керекті бағытта флотациялық реагенттерді қолдану арқылы өзгертіледі.

Практикада минералдардың тиімді флотациялануы үшін шеттік сулану бұрышының шамасы 20 – 90 болса жеткілікті екені анықталады.

Жеке түйіршіктің ауа көпіршігіне жабысып минерал – көпіршік агрегатын құрауы флотацияның элементарлы актысы деп аталады. Минерал – көпіршік агрегаты екі түрлі жолмен жасалуы мүмкін: 1) олардың соқтығысуының нәтижесінде; 2) суда еріген ауа молекулалары түйіршік бетінде жиналып көпіршік жасайды.



60 – сурет. Қатты зат, су және ауа шекаралықтарында бос энергияның әрекеттесу схемасы

Көпіршік бетіндегі түйіршіктерге бірнеше күш әсер етеді: түйіршіктің қозғалу жылдамдығынан пайда болатын екпінді күш, сулану не суланбау дәрежесінен туатын жабысу күші, салмақ күші, минералды көпіршіктердің өз ара және басқа түйіршіктермен соқтығысуынан туатын үйкеліс күштері. Минералдың көпіршік бетінде қалуы не қалмауы осы күштердің қатынасына байланысты. Неғұрлым минерал бетінің сулану дәрежесі төмен болса, ол соғұрлым берік жабысады.

8.3 Флотациялық реагенттер

Минералдардың табиғи сулану қасиеттерінің арасындағы айырмашылықты арттыру үшін, демек флотациялануға тиісті минералдардың сулануын төмендету үшін, ал флотацияланбайтын минералдардың сулануын жоғарлату үшін арнаулы химиялық заттар қолданылады. Оларды флотациялық реагенттер деп атайды.

Флотациялық реагенттер ретінде көптеген химиялық класс топтарына жататын заттар қолданылады: органикалық және анорганикалық заттар, тұздар, қышқылдар, сілтілер және т.б. Олардың атқаратын негізгі рольдері: минерал беттерінің сулануын арттыру және төмендету, ауа көпіршіктерінің

тұрақтылығын сақтау, сулы ортада сутек не гидрооксил иондарының концентрацияларын реттеу. Осы тұрғыдан барлық флотациялық реагенттер бес топқа бөлінеді: жыйнағыштар, көбіктендіргіштер, басқыштар, активтендіргіштер және ортаны реттегіштер.

Флотореагенттердің көбі өз функцияларын ионды түрде, тек көбіктендіргіштер және кейбір басқыштар молекулалар түрінде атқарады. Олардың ионды не молекулалы түрде болуы сулы ортада сутек иондарының концентрациясына байланысты. Флотореагенттердің иондары және молекулалары қасиеттеріне қарай не минерал – су шекаралығында минерал бетімен әрекеттеседі, не су – ауа шекаралығында жыйналады. Химиялық бөлшектердің фазалар шекаралығында жыйналуын *адсорбция* деп атайды. Ол екі түрге бөлінеді: химиялық және физикалық адсорбция.

Химиялық адсорбцияда (хемосорбция) реагент иондары минерал бетімен электрондар алмасу арқылы әрекеттеседі де, шекаралық бетте химиялық қосылыс пайда болады. Бұл күшті байланысты адсорбция түріне жатады.

Физикалық адсорбцияда реагенттердің молекулалары минерал бетімен молекулалар аралық тарту күшімен әсерімен әрекеттеседі. Молекулалардың минерал бетімен байланыс күші химиялық байланыспен салыстырғанда көп төмен болады. Молекулалық адсорбцияның айқын түрінде көбіктендіргіш молекулаларының су және ауа шекаралығындағы жыйналуы жатады. Адсорбцияның бұл түрі толық зерттелген. Реагенттердің адсорбцияланған шамасы (Γ) Гиббс тендеуімен анықталады:

$$\Gamma = -\frac{C \cdot (d\sigma)}{RT \cdot (dC)}$$

мұнда, C – ерітіндегі заттың концентрациясы;

R – газ тұрақтысы;

T – абсолют температура;

$d\sigma/dC$ – бет активтілігі деп аталатын бет энергиясының концентрацияға бөліндісінің туындысы.

Адсорбция процесі өзінен-өзі жүретін процесс. Бұл жай адсорбция нәтижесінде белгілі жүйенің бос энергиясының азаятының көрсетеді. Флотореагенттер шекаралық беттерде неғұрлым терең әрекеттенсе жүйенің бос энергиясы соғұрлым мол азаяды. Осы тұрғыдан қарасақ химиялық адсорбция минерал – су шекаралығында, ал физикалық адсорбция су – ауа шекаралығында жүйе бос энергиясын көп төмендетеді.

Жыйнағыштар минерал–су шекаралығында минерал бетімен әрекеттесіп, оның сулануын азайтып, соның нәтижесінде ауа көпіршігіне жабысуын тездетеді.

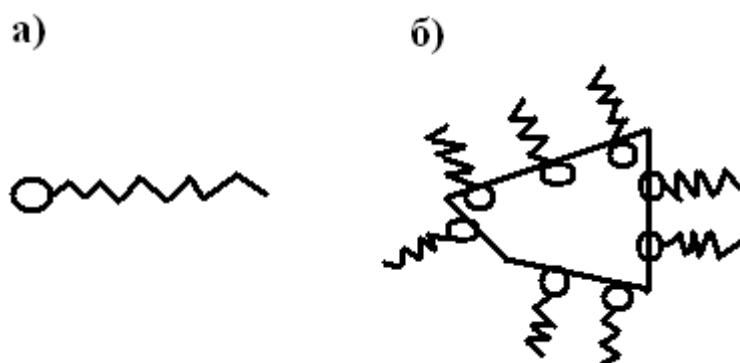
Жыйнағыш реагенттер ретінде тек кейбір органикалық химиялық заттар ғана қолданылады. Олар екі үлкен топқа бөлінеді: гетерополярлі

(ионданатын) және аполярлі (ионданбайтын) заттар. Гетерополярлі заттардың ерекшеліктері сол, - олардың молекулаларының құрамына полярлі және аполярлі топтар енеді. Полярлі топ әртүрлі химиялық құрамды минерал бетімен әрекеттесетін молекуланың активті бөлігі. Аполярлы топ көмірсутекті радикалдан тұрады. Молекуланың бұл бөлігі суға бағытталып, бірақ онымен әрекеттеспеушілігі нәтижесінде минерал бетінің сулануын төмендетеді (61 – сурет) .

Аполярлі жыйнағыштар ретінде әртүрлі мұнай өнімдері қолданылады. Олар тек көмірсутектерден тұрады, суда ерімейді.

Гетерополярлі жыйнағыштар суда еріп, молекулалары иондарға диссоцияланады. Минерал бетімен құрамына көмірсутекті радикал кіретін ион әрекеттеседі. Егер көмір сутекті радикал анион құрамына енсе, онда жыйнағыш анионды деп, егер катион құрамына кірсе катионды жыйнағыш деп аталады.

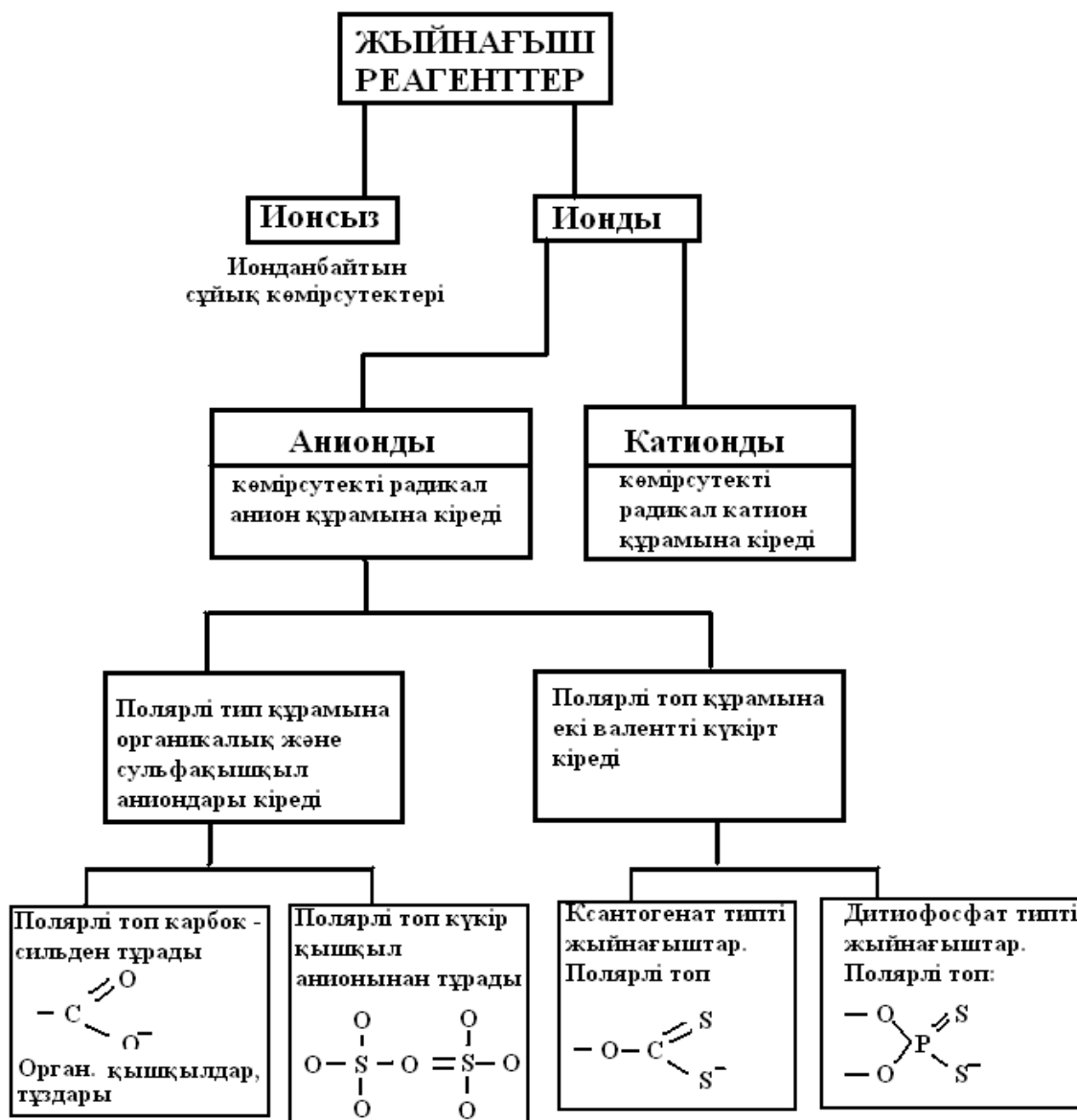
Анионды жыйнағыштар полярлі топтарының химиялық құрамына қарай сульфгидрильді және оксигидрильді болып бөлінеді. Сульфгидрильді жыйнағыштардың полярлі тобына екі валентті күкірт кіреді. Олар сульфидті минералдарды флотациялауға қолданылады. Оксигидрилді жыйнағыштарды полярлі топтарға оттек кіреді. Олар негізінде тотықты минералдарды флотациялауға қолданады.



61 – сурет. Гетерополярлі жыйнағыштардың молекула құрылымының (а) және олардың минерал бетімен әрекеттесуінің схемалы көрінісі

Ионданатын жыйнағыштардың флотациялық күші олардың молекулаларының құрамына кіретін полярлі және көмірсутекті радикал топтарының құрамына байланысты. Полярлі топ минерал бетімен неғұрлым күшті байланысса, ал көмірсутекті радикал (тізбек) неғұрлым ұзын болса (белгілі мөлшерге дейін), соғұрлым жыйнағыш күші арта түседі. Көмірсутек тізбегінің ұзындығы белгілі мөлшерден асқанда олардың өзара байланысы күшейіп суда еруі төмендейді де, реагенттің жыйнағыш күші күрт азаяды.

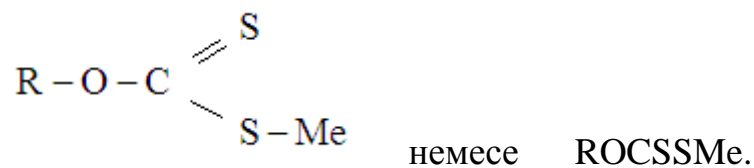
Жыйнағыштардың ішінде ең көп тарағаны *анионды жыйнағыштар*. Олар көмір, фосфор, күкірт қышқылдарының және тағы кейбір қышқылдармен олардың тұздарының негізінде алынады. Жыйнағыш реагенттердің классификациясы 62 – суретте көрсетілген.



62 – сурет. Жыйнағыш реагенттердің классификациясы

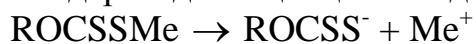
Сульфгидрильді жыйнағыштардың ең бастылары ксантогенаттар мен дитиофосфаттар.

Ксантогенаттар ксантоген қышқылдарының тұздары түрінде алынады. Олардың жалпы формуласы:



Мұндағы R – көмірсутек радикалы (гомологиялық қатардағы көмірсутектің бірі(этил, пропил және т.б.).

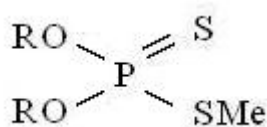
Me – калий не натрий. Полярлі топқа – CSSMe жатады. Молекула суда иондарға диссоцияцияланады:



Көмірсутекті радикалдың атына байланысты ксантогенаттар этильді, пропильді, бутильді (және тағы басқа) ксантогенаттар деп аталады. Мысалы, $\text{C}_3\text{H}_7\text{OCS}_2\text{K}$ – пропильді калий ксантогенаты, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OCS}_2\text{K}$ этильді калий ксантогенаты, $\text{C}_4\text{H}_9\text{OCS}_2\text{K}$ -бутильді калий ксантогенаты және т.б.

Ксантогенаттар өндірісте қатты ұнтақ түрінде шығарылады.

Дитиофосфаттар фосфор қышқылы негізінде алынады. Жалпы формулалары:

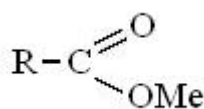


немесе $(\text{RO})_2\text{PSSMe}$

Бұлар өндірісте қатты ұнтақ түрінде (содылы) және сұйық түрде (крезилді және басқалары) шығарылады. Сұйық дитиофосфаттардың жыйнағыш қасиетімен қатар көбіктендіргіш қасиеті де бар.

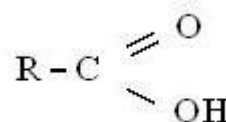
Оксигидрильді жыйнағыштар карбоксильді және сульфоксильді болып екі топқа бөлінеді.

Карбоксильді жыйнағыштарға көмір қышқылы негізінде алынатын карбон қышқылдары және олардың тұздары жатады. Жалпы формулалары:



тұздар

және

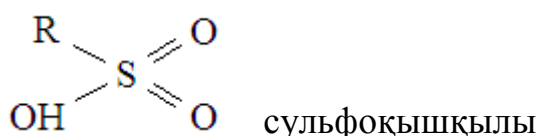


қышқылдар

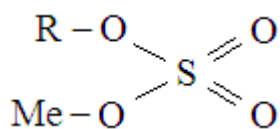
Карбон қышқылдарының ең күшті жыйнағыш қасиеті бар олеин қышқылы $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ және оның тұзы натрий олеаты – $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COONa}$

Бұларда көмірсутекті радикал алифатты (түзу тізбегі) не ароматты (сақиналы) қатардан болуы мүмкін.

Сульфоксильді жыйнағыштар күкірт қышқылы негізінде алынады. Олардың жалпы формуласы:



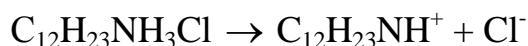
Сульфоқышқыл негізінде алкилсульфаттар алынады.



Оксигидрильді жыйнағыштардың бір ерекшелігі олардың көбіктендіргіш қасиеттерінде бар. Олардың көпшілігі әлсіз қышқылдар. Соның нәтижесінде молекулалары иондарға толық диссоцияциаланбайды. Ионданған бөлігі жыйнағыш рөлін, ал молекулалық бөлігі көбіктендіргіш рөлін атқарады.

Анионды жыйнағыштар иондары минералдардың кристалды торындағы беткі катиондарымен әрекеттесіп адсорбцияланады.

Катионды жыйнағыштар негізінде аминдер қосылыстарынан алынады, соған байланысты полярлі топ құрамдарына бес валентті азот кіреді. Молекулалары диссоцияциаланғанда көмірсутек радикалы катион құрамында қалады. Олардың жалпы формулалары: RNH_2 -біріншілік (аминнің бір сутек атомы көмірсутек радикалымен алмасқан), R_2NH -екіншілік және R_3N -үшіншілік аниондар, мысалы, жиі қолданылатын катионды жыйнағышқа лаурилламин қышқылы $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NH}_2$ және оның тұзы лауриламидро хлорид $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NH}_3\text{Cl}$ жатады. Осы мысалды алсақ, оның диссоцияциалануы нәтижесінде бет активті катион шығады:



Катионды жыйнағыштар тиімді түрде бетінде теріс заряд басым минералдарды флотациялауға қолданылады. Ондай минералдарға кварц, алюмосиликаттар, тотықтар және басқалары жатады.

Аполярлі (ионданбайтын) жыйнағыштарға көптеген көмірсутекті заттар жатады. Олар суда ионданбайды, тек ұсақ тамшы түрінде (эмульсия) қалады. Өндірісте жиі қолданылатын аполярлі реагенттің бірі – керосин.

Олардың минерал бетімен әрекеттесуінің ерекшелігі сол тиімді түрде табиғи аз суланатын минерал бетімен жақсы әрекеттеседі. Соған байланысты олар мысалы көмір, графит кендерін байытуға, ал түсті металл минералдарының ішінде молибденитті (MoS) флотациялауға болады. Суланғыш минералдарды флотациялауда олар гетерополярлі жыйнағыштармен бірге пайдаланылады.

Көбіктендіргіш реагенттер ретінде гетерополярлі органикалық заттар пайдаланылады. Осы тұрғыдан қарасақ олар жыйнағыш реагенттерге ұқсас. Бірақ көбіктендіргіш қасиет гетерополярлі молекулаларда (ионданбайтын) болады. Жалпы көбік белгілі бір жағдайда анорганикалық иондардың әрекетінен де пайда болады. Бірақ ол үшін концентрациялары өте жоғары болуы керек, сондықтан олар өте тиімсіз.

Көбіктендіргіш қасиеттері зор органикалық заттарға спирттер (ROH) және соған ұқсастар жатады. Олар суда кез келген қатынаста

молекулалық түрге дейін ериді, бірақ молекулалары ионданбайды. Суда молекулалар су-ауа фазаларының шек аралығында жыйналады. Молекуланың аполярлі радикалы ауаға бағытталады ды, ал полярлі тобы суға бағытталады. Полярлі топ әсерімен су молекулалары поляризацияланып, су – ауа шекаралығында қасиеті жай судан өзгеше су қабаты (гидратты қабат) пайда болады. (63–сурет)



63 – сурет. Ауа және су шекаралығында көбіктендіргіш молекулаларының су молекулалармен әрекеттесу

Осының нәтижесінде, біріншіден әртүрлі әдіспен су ішінде пайда болған ұсақ көпіршіктер (орташа диаметрлері 1-2 мм) бір-бірімен соқтығысқанда қосылып іріленбейді. Демек, ауа-су шекаралығы ауданы үлкен болады да, флотация процесінің өнімділігі артады. Екіншіден, ауа көпіршіктері су бетіне қалқып шыққаннан кейін бірден жарылмайды да, көбіктің тұрақтылығы артып, оны жабысқан минерал түйіршіктермен бірге бөліп алу мүмкіншілігі артады. Үшіншіден, гидратты қабатпен қоршаған ауа көпіршіктерінің су бетіне қалқып шығу жылдамдығы азаяды. Соның нәтижесінде, олардың су ішінде болу уақыты артып, бетіне минерал түйіршіктерінің көбірек жабысуына мүмкіншілік туады.

Өндірісте көбіктендіргіш ретінде құрамында спирттер, эфирлер және тағы басқа солар типтес заттар бар көптеген органикалық заттар қолданылады. Әдетте құндарының жоғарылығына байланысты таза спирттер қолданылмайды. Олардың орнына химиялық өндірістің салаларында қосалқы өнім түрінде шығатын құны төмен заттар қолданылады. Химиялық құрамдарының күрделелегіне байланысты, өндірісте олар әр түрлі техникалық аттармен аталады. Ең көп тараған көбіктендіргіштер Т-80 және Т-66, Э-1 және Э-1А, ИМ-68, ОП-, пенореагенттер, қарағай майы, ОПСБ, ДС және тағы басқалары.

Қарағай майының құрамына терпен қатарына кіретін ароматты спирттер кіреді. Ішіндегі басты компонент терпениол ($C_{16}H_{18}O$) спирті. Ол құнының жоғарылығына сай қазіргі кезде өндірісте өте сирек қолданылады. Ол қарағай түбірін құрғақ айдау процесімен алынады.

Т-80 және Т-66 көбіктендіргіштер құрамының негізі диоксанды және пиранды спирттерден тұрады. Қазіргі кезде ең жиі қолданылатын көбіктендіргіштер.

ИМ-68 жоғары молекулалы алифатты спирттердің қосындысынан тұрады.

ОПСБ полипропиленгликольдердің бутильді эфирлерінен, ал Э-1 және Э-1А полиэтиленгликольдердің бутильді эфирлерінен тұрады.

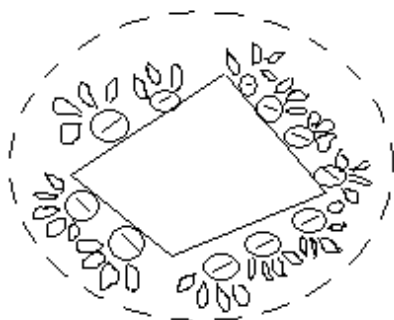
Пенореагенттің көмірсутек радикалы құрамына 4-8 көмірсутек атомы кіретін қос байланысты спирттердің қосындысынан тұрады. Бұл реагент негізінде көмірді флотациялауға қолданылады.

Көбіктендіргіштерге қойылатын талаптар: олардың суда жақсы ерігіштігі, шығындары аз болуы және құндарының төмен болуы. Әр кен жыйытылғанда көбіктендіргіштер зерттеліп, ең тиімдісі таңдалып алынады.

Басқыш реагенттердің маңызы өндірісте өте зор. Көптеген кендердің құрамына бірнеше бағалы минералдар кіреді. Оларды бір – бірінен айыру тек басқыш реагенттерді қолдану арқылы жүзеге асырылады. Басқыш реагенттер ретінде негізінде аорганикалық химиялық заттар қолданылады (тұздар, сілтілер, қышқылдар). Олар ионды түрде тиімді әрекеттеседі.

Басқыштардың минерал беттерін суландыруын арттыруын әртүрлі жолмен әрекеттесу арқылы жүреді. Төменде әрекеттесу жолдарының негізгілері келтірілген.

Бірінші, ең басты әрекеттесу жолы – минерал бетіне адсорбциялану арқылы суландыру. Басқыш иондары минералдардың бет атомдарымен байланысқа түсіп, жыйнағыштарға ұқсас, бет қосылыстарын жасайды. Аорганикалық иондар суда зарядтарына қарай су молекулаларын тартып, солармен үнемі қоршауда болады (ионды гидратация). Осындай иондар минерал бетіне тартылады. Осының нәтижесінде минерал бетінің сулануы артады да, жыйнағыш реагенттердің адсорбциялануы күрт төмендейді, не мүлдем тиылады (64 – сурет).



64 – сурет. Қатты зат және су шекаралығында адсорбцияланған басушы реагент иондарының су қабатын құрауы

Екіншіден, кейбір басқыштар (мысалы циандар) минерал бетімен жыйнағыштардың әрекеттесуі нәтижесінде пайда болған қосылыстарды ерітіп жібереді, демек минерал беті жыйнағыштардан тазаланып, сулануы артады.

Үшіншіден, біраз басқыш иондары (мысалы күкіртті натрий) минерал бетінен жыйнағыш иондарын ығыстырып (алмасу жолымен) шығарады. Төртіншіден, басқыш иондары минерал бетінде жыйнағыштарымен қатарласа әрекеттеседі. Соның нәтижесінде минерал бетінің кей жері

суланбай, кей жері суланады. Егер суланған мөлшері басым болса, түйіршік көпіршікке жабыспайды.

Басқыш реагенттердің бұл келтірілген жолдардан басқада әрекеттесу механизмдері белгілі. Жыйнағыш реагенттерге ұқсас, басқыштардың әрқайсысы тек бір ғана емес бірнеше минералдармен де әрекеттесе береді. Ал флотация үшін олардың әрқайсысының тек белгілі бір минералмен таңдамалы әрекеттесуінің маңызы зор. Реагент әрекетін сол бағытта өзгерту үшін арнаулы жағдай (концентрациясын өзгерту, пульпаның температурасын реттеу, сутек ионының концентрациясын өзгерту және т.б.) тудыру қажет.

Өндірісте жиі қолданылатын басқыштың бірі *циантұздары* (NaCN , KCN , $\text{Ca}(\text{CN})_2$). Олар негізінде темір сульфиді пириттің (FeS_2) мыс сульфиді халькопириттің (CuFeS_2) мырыш сульфиді сфалериттің (ZnS) флотациясын басуға пайдаланылады. Негізгі әрекеті—темір, мыстың, мырыштың ксантогенатты қосылыстарын еріту.

Мырыш купоросы ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) сфалериттің таңдамалы әрекетті басқышы. Оның әрекеті сілтілі ортада түзілетін сулы тотығының ($\text{Zn}(\text{OH})_2$) минерал бетіне жабысуымен байланысты.

Күкіртті натрий ($\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) концентрациясы жоғары шамада болса барлық сульфидті минералдар үшін күшті басқыш. Сульфид ионы (S^-) минерал бетінен жыйнағыш иондарын оңай ығыстырып шығарады. Әрекет механизмі өте күрделі. Ақ кіріш (CaO) пириттің таңдамалы әрекетті басқышы. Минерал бетіне оның сумен әрекеттесуінен шығатын Ca^{2-} және OH^- иондар қатар адсорбцияланады.

Натрий силикаты (Na_2SiO_3) не болмаса оның ерітіндісі—сұйық шыны (H_2SiO_3) кварцтың (SiO_2) және құрамына күрделі кремнийлі топтар енетін барлық дерлік тау-жыныс минералдарының күшті басқышы. Оның әрекетінің механизмі өте күрделі келеді.

Хром тұздары (KCrO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) қорғасын сульфиді – галенит (PbS) үшін белгілі жағдайда тиімді басқыштар. Олар жыйнағыштармен қатар адсорбциялану арқылы минералдың сулануын артырады.

Фосфор қышқылы (H_3PO_4) және оның тұздары фосфор минералы – фосфорит (Ca_3PO_4) және құрамына басқада сілтілі металдар кіретін минералдар үшін тиімді басқыштар.

Жоғары молекулалы органикалық заттар (крахмал, декстрин, карбосилметилцеллюлоза және басқалары) көптеген минералдар үшін, әсіресе тау – жыныс минералдары басқыш ретінде қолданылады.

Өндірісте бұл келтірілген заттардан басқада бірсыпыра химиялық қосылыстар басқыш реагенттер қолданылады.

Активтендіргіш реагенттер ретінде бір сыпыра тұздар және қышқылдар пайдаланылады. Олардың ішінде жиі қолданылатындардың бірі мыс купоросы ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Жер жүзілік практикада ол сфалериттің активтендіргіші ретінде пайдаланылады. Темір купоросы ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) кварцтың активтендіргіші. Күкіртті натрий ($\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) ауыр түсті металдардың тотықты минералдарын (церусит – PbCO_3 , малахит – $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_3$, азурит – $\text{Cu}_3(\text{CO})_2(\text{OH})_2$) күкірттендіру үшін қолданылады.

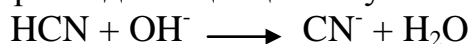
Күкірт қышқылы (H_2SO_4) алдын ала басқышпен (мысалы, ақкірішпен) әрекеттескен пириттің тиімді активтендіргіші.

Активтендіргіштер өздігінен жыйнағыш реагенттермен нашар әрекеттесетін минералдарды өңдеу үшін пайдаланылады. Олардың әрекетінен минерал бетінің химиялық құрамы өзгеріп жыйнағыштармен байланысқа түсуі өседі.

Ортаны реттегіш реагенттер флотацияда бірнеше роль атқарады. Реттегіш ретінде сілтілер және қышқылдар қолданылады. Олардың әртүрлі әрекеттерді суда (пульпада) сутек ионының концентрациясын, демек сутек көрсеткішін (рН) өзгертумен байланысты. Сутек ионының концентрациясын өзгертудің ең басты қажеті – қолданылатын басқа реагенттердің ионды–молекулалы құрамын өзгерту. Көпшілік реагенттердің флотациялық тиімді түрі – ионды түрі, ал жоғарыда келтірілген көптеген реагенттер әлсіз электролиттер, демек суда иондану дәрежелері төмен. Оны тек сутек ионының концентрациясын өзгерту арқылы көтеруге болады. Мысалы, циан тұзын алайық. Одан суда гидролиздену нәтижесінде циан қышқылы шығады:



Циан қышқылы өте әлсіз электролит болғандықтан H^+ және CN^- иондарына диссоциациялануы жетіспейді:



Диссоциация дәрежесін өсіру үшін сутек ионын OH^- ионымен байланыстырып, су молекуласына айналдырса тепе – теңдік бұзылып, реакция оңға жылжыйды:



Осылай көптеген реагенттер сілтілі ортада ионды түрге көшеді, демек көп жағдайда сілтілер қолданылады ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH , NaCO_3).

Екіншіден сутек – H^+ және гидроксид OH^- иондарының өздері кейде басқыш не активтендіргіш реагенттердің ролін атқарады. Мысалы, OH^- ионы пирит үшін басқыш болса, ал H^+ ионы оның активтендіргіші.

Үшіншіден, кен пульпасында минералдардың еруінен, не су құрамында бір сыпыра иондар пайда болады. Оларда әртүрлі реагенттер ролін атқарып кетеді. Сондықтан олардың табиғи түрде пульпада пайда болуы флотацияға зиян келтіреді. Сол зияндық көпшілік жағдайда иондардың H^+ не OH^- ионмен қосылып молекулаға не ерімейтін шөгінділерге айналуы нәтижесінде төмендейді.

Мысалы, активтендіргіш ролін атқаратын көптеген метал катиондары (мыс, қорғасын және темір т.б.) гидроксид ионымен әрекеттесіп ерімейтін гидроксидтерге айналады.

Кен құрамына қарай флотация процесінде бірнеше, ал кейде ондаған реагенттер қатар қолданылады. Кез келген кенді флотациялауда міндетті түрде ортаны реттегіш, жыйнағыш және көбіктендіргіш реагенттері қолданылады. Іс жүзінде басқыш реагенттер қолданылмайтын кен түрлері сирек кездеседі. Осыған байланысты кенді көптеген реагенттермен өңдеудің ретін дұрыс сақтау өте қажет. Әдетте пульпа реагенттермен төмендегі ретпен

өңделеді: ортаны реттегіш – басқыш (активтендіргіш) жыйнағыш – көбіктендіргіш.

Флотация процесінің тиімді жүруі реагенттердің белгілі операцияға тек дәл шамада ғана берілуіне байланысты. Реагент шамасы бір тонна кенге неше грамм (кг) берілетінімен анықталады. Ол шаманы *реагент шығыны* деп атайды.

Реагенттермен өңдеу тәртібін және олардың шығынын дәл реттеу жыйынтық жүйесін реагенттік режим деп атайды.

Реагенттердің шығыны үлкен шек аралықта өзгереді. Орта мөлшермен алғанда жыйнағыш және көбіктендіргіштердің шығыны бір тонна кенге шаққанда ондаған грамм сирек жағдайда жүздеген грамм. Басқыштар шығыны көбінде жүздеген, сирек жағдайда килограмм, не одан да көп, ал активтендіргіштер шығыны ондаған не жүздеген грамм болады. Маңызды ролі бар жай – пульпаны реагенттермен өңдеу уақыты. Жыйнағыштар және көбіктендіргіштермен өңдеу уақыты өте аз. Олар көбінде тікелей операция алдында беріледі. Ал басқыштармен және активтендіргіштермен өңдеу уақыты бірнеше минуттен ондаған минутке дейін жетеді. Ол үшін өңдеу арнаулы аппараттарда жүргізеді.

8.4 Флотациялау машиналары

Өндірісте флотациялау машиналарының көптеген түрлері конструкциялық қолданылады. Оларды әртүрлі ерекшеліктеріне сай топтастыруға болады. Ең басты ерекшелікке оларда ауа көпіршіктерін жасау әдісі жатады. Осыған байланысты олар *механикалық, пневматикалық және пневмомеханикалық* флотациялау машиналарына бөлінеді.

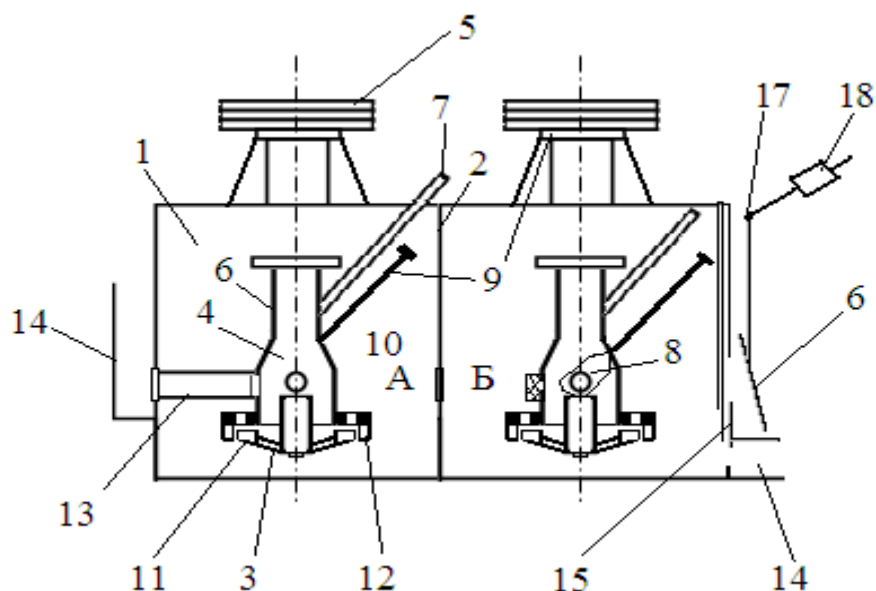
Машиналардың барлық түріне қойылатын негізгі талаптар мыналар:

- пульпа машинаға бір қалыпты түсіп, көбікті және камералық өнімдер үздіксіз шығарылып отырылуы қажет;
- кен түйіршіктері шөкпей бүкіл пульпа көлеміне қозғалыста болып ауа көпіршіктерімен соқтығысу мүмкіншілігі жоғары болуы керек;
- пульпада ауа көпіршіктері неғұрлым көп және ұсақ түрде пульпа көлемінде тегіс жайылуы қажет;
- пульпаның бет қабаты өте баяу қозғалыста болып, жиналған көбікті тербеліске түсірмеуі керек.

Минералданған көбікті қабат механикалық және пневмомеханикалық машиналарда арнаулы көбік сыпырғыштармен бөлінеді, ал пневматикалық машиналарда көбік шеткі ернеуден өздігінен асып төгіледі.

Механикалық машиналар.

Олардың басқалардан ерекшелігі пульпа ішінде ауа көпіршіктері жылдам айналатын импеллер (65–сурет) әрекетімен пульпаға сорылатын ауаның уақталуынан пайда болады және минерал түйіршіктері, оның қозғалысы әсерімен, қалқымалы жағдайда болады. Машина екі камералық агрегаттардан құрастырылады. Камералар екі аралық қабырғамен (2) бөлінген.



65-сурет. Механикалық флотомашина: 1-камера; 2-аралық қабырға; 3-импеллер; 4-вал; 5-шкив; 6-орталық құбыр; 7-ауа түтігі; 8-қақпақша; 9-тартқыш; 10-диск; 11, 12-қалқаншалар; 13-пульпа түсіргіш тесік; 14-түсетін қалта; 15-пульпа шығатын тесік; 16-қақпақша; 17-рычаг; 18-қозғалмалы жүк; 19-төменгі тесік.

Біріншісі А сорғыш, екіншісі Б тура ағызғыш камера деп аталады. Камералар төрт бұрышты пішінді, горизонталь қыйындысы квадрат болып келеді. Әр камерада импеллер тік орнатылған валдың (4) ішіне бекітіледі. Вал оның жоғарғы ұшына орнатылған шкив (5) арқылы электродвигательмен айналысқа келеді. Вал қозғалмайтын орталық құбыр (6) ішінде айналады. Құбырдың төменгі жағы диаметрі үлкен стакан пішінді. Стаканның төменгі шетіне диск (10) орнатылған. Дисканың шетіне радиусқа 60° көлбеуленген бағыттағыш қалқаншалар (12) (лопасти) орналасқан және оның орта шеніне шеңбер бойымен көп тесіктер жасалған. Импеллердің бет үстінде радиальды (4) не (6) қалқаншалар бар. Тік құбырға ауа кіретін түтік (7) бекітілген.

Бастапқы пульпа бірінші (сорғыш) камераның қабырғасына орнатылған қалта (14) және патрубок (13) арқылы стакан қабырғасындағы бүйір тесіктен импеллер үстіне түседі. Стаканның беткі және артқы қабырғаларында тағы екі тесік бар. Олардың біреуі осы камераға екі аралық өнім қайтару қажеті болса пайдаланылады. Егер ондай қажеттілік болмаса ол тығынмен жабылады. Үшінші тесік камера ішінде пульпаны тік бағытта айналмалы қозғалысқа келтіру үшін қажет. Ол тесіктің ауданы арнаулы тартқыш (9) ішіне орналасқан қақпақшамен (8) реттеледі. Дисктегі тесіктерде пульпаны белгілі бағытта араластыру үшін жасалған.

Импеллер айналғанда оның қалқаншаларымен пульпа ортадан шетке қарай үлкен жылдамдықпен тебіледі. Соның нәтижесінде импеллер үстінде ауа кеңістігі пайда болып оның қысымы төмендейді. Соның нәтижесінде құбыр ішіне түтік (7) арқылы ауа сорылады. Ауа иірімді қозғалыстағы

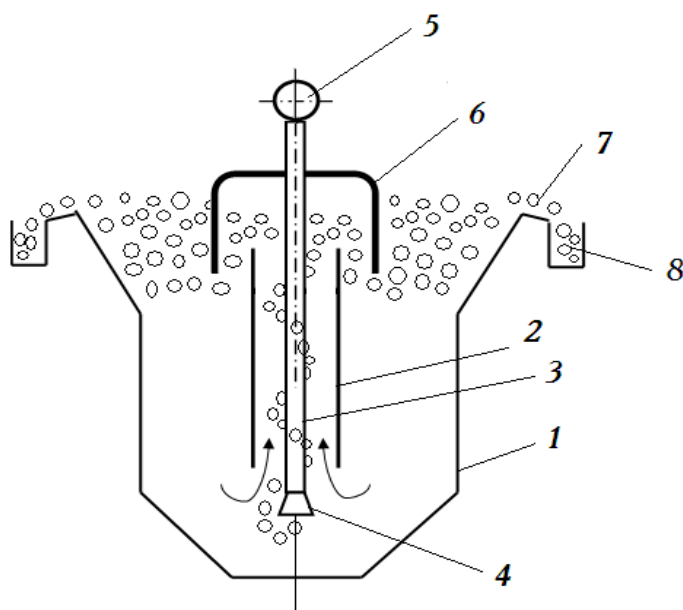
пульпамен араласқанда ұсақ көпіршіктерге бөлінеді. Сорылатын ауа көлемі импеллер үстінде ауа қысымының төмендеу шамасына байланысты. Кезегінше, пульпа импеллермен ортадан шетке неғұрлым үлкен жылдамдықпен тебілсе, соғұрлым импеллер үстінде ауа қысымының төмендеуі артады. Сорылатын ауа көлемінің шамасы механикалық машиналардың негізгі көрсеткіші болғандықтан, ортадан тепкіш күшті ұлғайту мақсаты үшін импеллер үстіндегі диск (10) шетіне қалқаншалар (11) орнатылған. Олар импеллердің пульпамен шектескен төңірегінде иірімді қозғалыс тудырмай (ол тепкіш күшті бәсеңдетер еді), пульпаның тебілу жылдамдығын баяулатпауға мүмкіншілік тудырады. Ол үшін қажетті шарт – импеллер мен дисканың қалақшаларының арасындағы қашықтық 5-6 мм-ден артпауы қажет. Осы мақсатпен қалақшалар не импеллермен диска тұтас резеңкеден құйылады, олардың кен түйірішіктерінің үйкеу әсерімен мұжылуы азаяды.

Бірінші камерадан екіншіге пульпа ортадағы қабырғадағы тесік арқылы өтеді. Сондықтан екі камерада пульпа деңгейі бірдей. Ол деңгейді көтеру не төмендету үшін екінші камераның сырт қабырғасында екі тесік бар. Төменгі тесік (19) ауданы қақпақшаны тартқышпен төмен не жоғары жылжыту арқылы өзгертіледі. Бұл тесіктен төменгі қабаттардағы ірілеу түйіршіктер өтеді. Пульпаның негізі жоғары тесіктен (15) өтеді. Бұл тесіктен шығатын пульпа көлемінің шамасы екі камерадағы пульпа деңгейін белгілі мөлшерде бір калыпта ұстау үшін жартылай автоматты түрде өзгереді. Оны ашып-жабатын қақпақша (16) рычагқа (17) бекітілген. Рычагқа қозғалмалы жүк (18) орнатылған. Камераларда пульпа деңгейі өссе, қақпақша ашылыққырайды да, пульпа көбірек шығады. Оның деңгейі бұрынғы қалпына келгенде жүктің рычагты басуымен қақпақша орынына келеді. Егер пульпа деңгейі төмендеп кетсе жүк әсерімен қақпақша жабылыққырап деңгейі қайта көтеріледі.

Көбік қабаты машинаның ұзын бойына орнатылған науаға түсіріледі де, сумен шайылып трубамен келесі операция жүретін машинаға жөнелтіледі. Механикалық машиналардың конструкциялық ерекшеліктері бар бірсыпыра түрі белгілі. Бірақ олардың жұмыс істеу принциптері бірдей. Бұлар кен байыту практикасында, әсіресе күрделі технологиялық схемалар қолданғанда ең көп тараған машиналар.

Пневматикалық флотациялау машиналары. Бұл машиналарда пульпаны көпіргіштендіру ауаны ауа айдағыштарымен қысымымен түсіру арқылы жүргізіледі. Оларда қозғалмалы бөлшектер жоқ және конструкциялары қарапайым келеді. Пульпа ауа қозғалысының әрекеттері әсерімен араласып, түйіршіктердің шөкпеуіне мүмкіндік туады. Ауаның ұзақ көпіршіктерге бөлшектенуі оны ұсақ тесікті қалқадан өткізу арқылы іске асырылады. Әдетте, бұл машиналарда көпіршіктер диаметрі механикалық машиналармен салыстырғанда біраз ірілеу келеді (3 мм шамасына дейін жетеді). Кен байытуда пневматикалық машиналардың қазір негізінде үш түрі қолданылады: аэролифті патрубалық машиналар, колонналы машиналар және көбікте бөлу машиналары.

Аэролифтті патрубалық машиналарда науа ұзындығы 3.0-15 м тереңдігі 2.5-3 м ваннаға түседі. 66– суретте машинаның көлденең көрінісі келтірілген.



66 – сурет. Терең аэролифтті флотомашина: 1–ванна (науа); 2–қалқан; 3–ауа түтігі; 4–ұштық; 5–орталық ауа құбыры; 6–қалпақ; 7–ернеу; 8–науа.

Ваннаның (1) ұзын бойы ортасына аралықтары 1–1.5 м қашықтықта ауа түсетін түтіктер (3) орнатылған. Оларға ауа қысымымен орталық ауа құбыры (5) арқылы ауа айдағыштардан беріледі. Әр түтік үшін тесігі тек ауа қысымы әсерімен ашылатын резеңкеден жасалған ұштық (4) орнатылған. Түтіктердің екі жағына ваннаның ұзын бойына екі қалқан (2) орнатылған. Олардың екі аралығы ауалы зона, ал тыс шеткі аралықтар *флотациялау зонасы* деп аталады. Екі қалқаның үстіңгі жағына қалпақ (6) орнатылған. Оның төменгі шеттері пульпаның деңгейінен және қалқалардың жоғары шетінен төменірек орналасқан және екі қатар тесіктері бар.

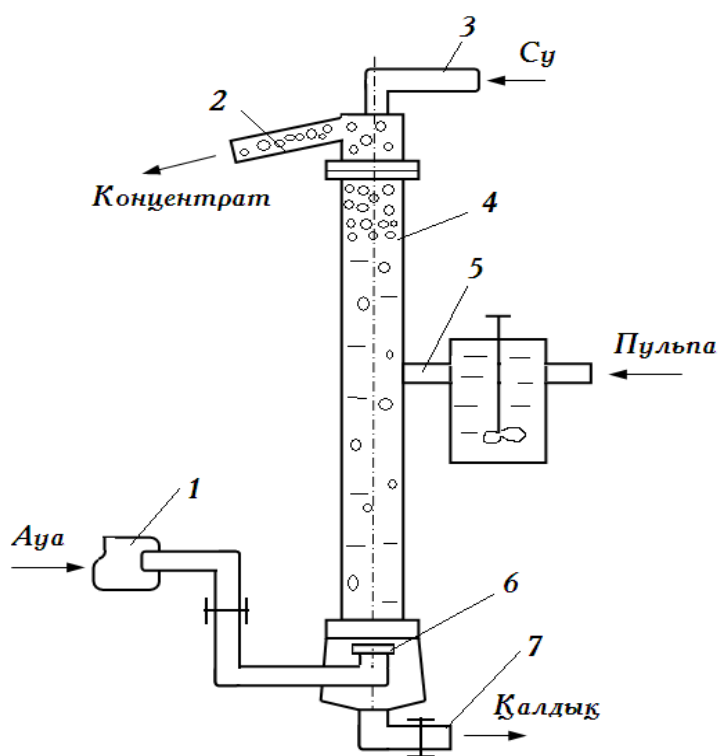
Пульпа ваннаның бір шет басына түсіріліп, екінші шетінен шығарылады. Көбіктер ваннаның ұзын бойына оның екі жақ жоғары ернеуінен (7) өздігінен асып науаларға (8) төгіледі.

Түтікшелерден қысыммен (25-35 кПа) шыққан ауа оны орай иірімді ағынмен жоғары көтеріледі. Екі қалқаның аралығында ауамен араласқан пульпаның тығыздығы, қалқалардың тыс жағындағы пульпа (онда ауа жоқ) тығыздығынан аз. Соған байланысты, шет зоналардағы пульпа ауалы зонадағы пульпаны ығыстырып жоғары көтереді. Қалқалардың жоғары шетіне дейін көтерілген пульпа одан асып тыс зонаға қайта оралады. Осындай әрекеттің нәтижесінде ваннаның ұзын бойына пульпа екі қалқаны айнала спиральді траектория жасай қозғалады да, кен түйіршіктері шөкпейді.

Пульпаның түтіктері сыртында және қалқалардың жоғары шетін орай төмен бағытталғанда пайда болатын иірімді ағыс әсерімен ауа ұсақ көпіршіктерге бөлшектеніп минералданады.

Бұл машиналарда технологиялық байыту схемалар неғұрлым қарапайым болса, соғұрлым тиімді қолданылады. Қазбалардың мұндай түріне мысалы көмір жатады. Соған байланысты олар көмір байытуда көп таралды.

Колонналы пневматикалық машиналар (67–сурет) тік орнатылған диаметрі 1-1.8 м трубадан жасалған, көлденең қиындысы квадрат пішінді биіктігі 11-12 м колонналардан (4) тұрады. Ауа қысыммен (35-кПа) рессиверден (1) түтік арқылы түсіп, ұсақ тесікті резеңкелі ұштық (6) арқылы шығып жоғары көпіршік түрінде көтеріледі.



67– сурет. Колонналы пневматикалық флотомашина: 1– рессивер; 2 – патрубок; 3,5,7 – түтіктер; 4 – колонна; 6 – резеңкелі ұштық.

Бастапқы пульпа реагенттермен арнаулы чанда араластырылып, түтік (5) арқылы колоннаға оның орта шетінен жоғары төмен биіктіктен түседі. Түйіршіктер салмақ күшімен ауа көпіршіктеріне қарама-қарсы бағытта құлай қозғалып соқтығысады. Осындай режим көпіршіктердің қарқынды минералдануына мүмкіншілік тудырады.

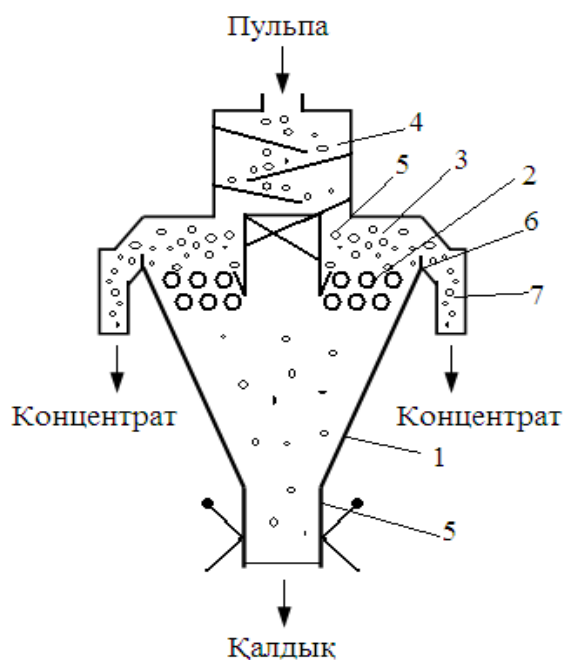
Көбік қабаты трубаның жоғары жағына жиналып, өздігінен оның шетінен асып, патрубок (2) арқылы шығарылады. Көбік қабатына кездейсоқ шыққан қажетсіз минерал түйіршіктері трубаның жоғары басына түтікпен (3) берілетін сумен шайылады. Флотацияланбаған минерал түйіршіктері (қалдық) пульпамен төменгі түтік (7) арқылы шығарылады.

Колонналы машиналардың артықшылығы конструкциясы қарапайым, аз орын алады, ірі және өте уақ шламды түйіршіктердің флотациялану дәрежесі жоғары. Кемшілігі ретінде оларды күрделі технологиялық схемаларда қолданудың қолайсыздығын атауға болады.

Көбікте бөлу машиналарының корпусы ұзын пирамидалы ваннадан (1) тұрады. (68 – сурет).

Бастапқы пульпа ваннаның үстіне оның ұзын бойына орналасқан көлбеу бірнеше сатылы түрде орналасқан науа жүйесіне (4) түседі.

Соның нәтижесінде пульпа ваннаға аз жылдамдықпен сырғый түсіріледі. Ваннаның үстіңгі екі жақ ернеуіне жақын ұзын бойына бірнеше қатарлы ұсақ тесіктер бар түтіктер орналасқан.



68 – сурет. Көбікте бөлу флото машинасының схемалық көрінісі:

- 1 – ванна; 2 – ауа түтіктері; 3 – көбікті қабат; 4 – көлбеу науалар;
- 5 – су сепкіш түтіктері; 6 – ернеу; 7 – науа; 8 – шығару тесігі.

Ауа қысыммен осы түтіктердің тесіктерінен көпіршік түрінде шығады да, көбік қабатын жасайды. Демек, бастапқы пульпадағы минерал түйіршіктері тікелей көбік қабатына түсіріледі. Соның нәтижесінде сулануы төмендетілген түйіршіктер, әсіресе ірі түйіршіктер бірден көпіршіктерге жабысып, көбік қабатында қалып қояды. Суланғыш минерал түйіршіктері пульпамен бірге төмен жылжып камералық өнімге (қалдық) шығады.

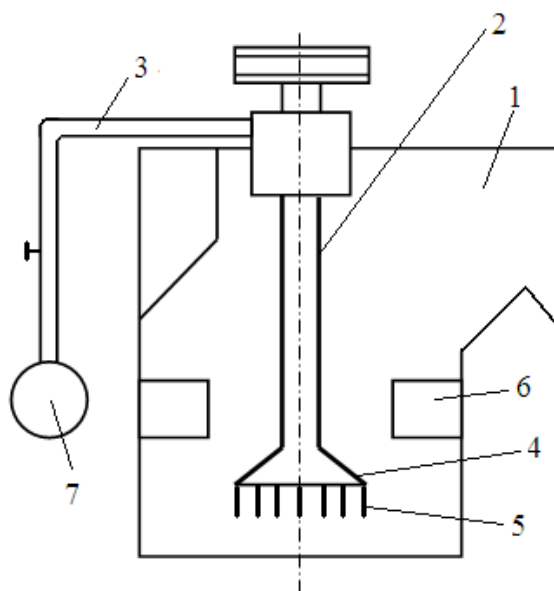
Көбікті қабат өздігінен ваннаның ернеуінен (6) асып науаға (7) түседі. Көбікте кездейсоқ қалған қажетсіз минерал түйіршіктері арнаулы түтікпен (5) себілген сумен шайылады. Камералық өнім (қалдық) ванна түбіндегі тесіктен шығарылады. Оның үлкен-кішілігі арнаулы қысқыш механизммен реттеуге болады.

Машинаның конструкциялық ерекшелігі – онда ірілігі 2-3 мм-ге жететін түйіршіктерді флотациялауға мүмкіншілік береді.

Пневмомеханикалық флотациялау машиналарында алдыңғы сипатталған механикалық және пневматикалық машиналардың артықшылықтары жиынтықталған. Бұларда пульпаға ауа қажетті мөлшерде

қысыммен түсіріледі, ал түйіршіктерінің шөкпей қалқуы импеллер әрекетімен жүзеге асырылады. Бірақ бұл машиналарда импеллердің айналу жылдамдығы механикалық машиналармен салыстырғанда белгілі мөлшерден аспайды. Соның нәтижесінде энергия шығыны аздау және пульпаның иірімді ағын күші аз.

Машина камерасы (1) (69–сурет) механикалық машиналардың камерасына сәйкес. Камера ортасына тік қуыс вал (2) орнатылған. Ауа рессиверден (орталық ауа трубасы) (7) түтік (3) арқылы валдың қуысына түсіріледі. Валдың төменгі ұшына конус тәрізді импеллер (4) орнатылған. Оның төменгі ернеуіне айналдыра қалақшалар (саусақтар) (5) орнатылған. Солардың әрекетімен түскен ауа бөлшектері көпіршіктерге айналады және түйіршіктер қалқымалы қозғалысқа келтіріледі. Пульпаның иірімді ағымын барынша басу үшін импеллер деңгейінде камера қабырғасына тік қалқандар (6) орнатылған.



69 – сурет. Пневматикалық флотомашинаның схемалық көрінісі:

1–камера; 2 – вал; 3 – ауа түтігі; 4 – импеллер;
5 – қалқаншалар; 6 – қалқан; 7 – рессивер.

Жоғарыда көрсетілген артықтықшылықтарына байланысты пневмомеханикалық флотациялау машиналары кен байытуда кеңінен тарауда.

Флотациялау машиналарының *өнімділіктері* негізінде үш фактормен анықталады. Оларға жататындар: камераның (ваннаның) көлемі, флотациялау уақыты (ол кеннің қасиетіне байланысты тәжірибе жүргізу арқылы анықталады) және пульпа ішіндегі ауаның көлемімен оның бөлшектену дәрежесі. Іс жүзінде әр қазба түрін байытуда машиналардың ең тиімді типін тәжірибе жүргізу арқылы таңдауға болады. Камералардың

белгілі бір операция жүргізуге қажетті саны төменгі формуламен анықталады:

$$\dot{I} = \frac{V_n \cdot t}{1440 \cdot V_k \cdot K}$$

мұнда, V_n – пульпаның көлемі, м³/тәулік;

V_k – таңдалып алынған камера көлемі, м³;

t – флотациялау уақыты, мин;

K – камераның пульпаға толу дәрежесі (0,7 – 0,8).

Ванналы пневматикалық машиналар қолданылғанда олардың ваннасының ұзындығы есептеледі:

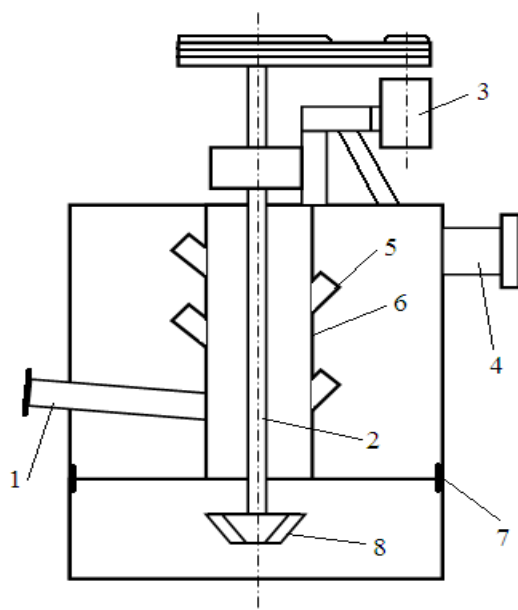
$$L = \frac{V_n \cdot t}{1440 \cdot S \cdot K}$$

мұнда, S – ваннаның көлденең қима ауданы, м².

8.5 Қосалқы флотациялық жабдықтар

Флотациялау процесін жүргізу алдында пульпаны кейбір реагенттермен араластыру қажет. Ол үшін арнаулы чандар қолданылады. Олардан басқа реагент ерітінділерін әртүрлі операцияларға тек белгілі бір мөлшерде дәл беру үшін реагент түсіргіштер (питательдер) қолданылады.

Араластырғыш чан көбінде диаметрі және биіктігі бірнеше метрге жететін цилиндр пішінді бактан (70 – сурет) тұрады. Оның ортасына төменгі ұшына импеллер (8) бекітілген вал (2) орнатылған. Ол электродвигательмен (3) айналысқа келтіріледі.



70 – сурет. Пульпа араластырғыш чан: 1 – түсіргіш патрубок; 2 – вал; 3 – электроқозғалтқыш; 4 – шығару патрубogy; 5 – тесіктер; 6 – құбыр; 7 – цилиндрлі бак.

Вал ортасы қуыс труба (6) ішіне орналасқан. Трубаның тік бойында әртүрлі биіктерде тесіктер бар. Олар пульпаның тік бағытта айналмалы траектория жасай интенсивті қозғалуына жағдай туғызады.

Бастапқы пульпа патрубокпен (1) қуыс труба тесігі арқылы араластырығыштың істіне тісіріледі. Пульпа чаннан оныс жоғары ернеуіне жақын орналасқан патрубокпен шығады.

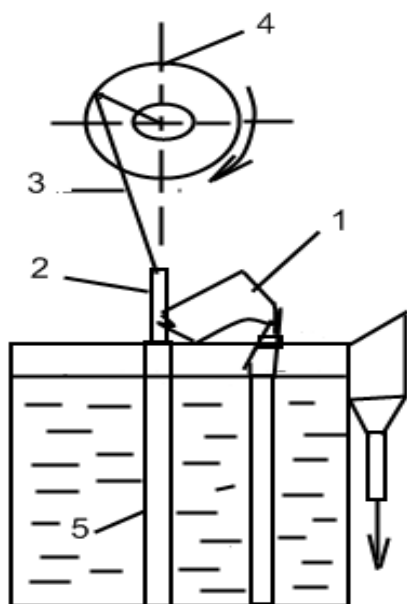
Араластырығыш чандар пульпаны тек реагенттермен гсдеу ішін сана емес, сонымен кабат біраз ерекшеліктері бар пульпаларды қосып, олардыс қасиеттерін ортақтандыру мақсатымен және пульпаныс қажеттігі болсаанда ауамен араластыру (аэрация) ішін қолданылады.

Чанныс қажетті қілемі пульпаны араластыру уақытымен анықталады.

Реагент тісіргіштердіс қіптеген конструкциялары белгілі. Олардыс ір түрлілігі реагенттердіс пульпаға қўреақ, ұнтақ, ерітінді және май тірлеріне тісуіне байланысты. Реагенттердіс қібі сулы ерітінді тірде қолданылады. Олар ішін ес қіп тарағандары скипті және шігмішті тісіргіштер. Майлы реагенттерді май тірінде (оларды сумен араластырып эмульсия жасауға болады) бергенде шкивті тісіргіштер қолданылады.

Скипті тісіргіштердіс схемалық қірінісі 71–суретте келтірілген. Скипті стакан (1) бағыттағыштар (5) бойымен кривошип (3) және шатун (4) механизмдерімен жоғары тімен қозғалысқа келтіріледі. Тімен тіскенде реагент ерітіндісіне батып стакан толады. Жоғары қітерілгенде ваннаныс ернеуіне жеткенше стакан тік қалыпта болады да, ернеуінен асқанда рама (5) ішінде гсті айнала оs жаққа қисаяды. Осы кезде ішіндегі ерітінді варонкаға қўйылып, тітікпен белгілі операцияға тіседі.

Реагенттің стаканнан төгілу мөлшері оның қисаю қалпына байланысты. Ол кривошипті (3) ұзарту не қысқарту арқылы реттеледі.



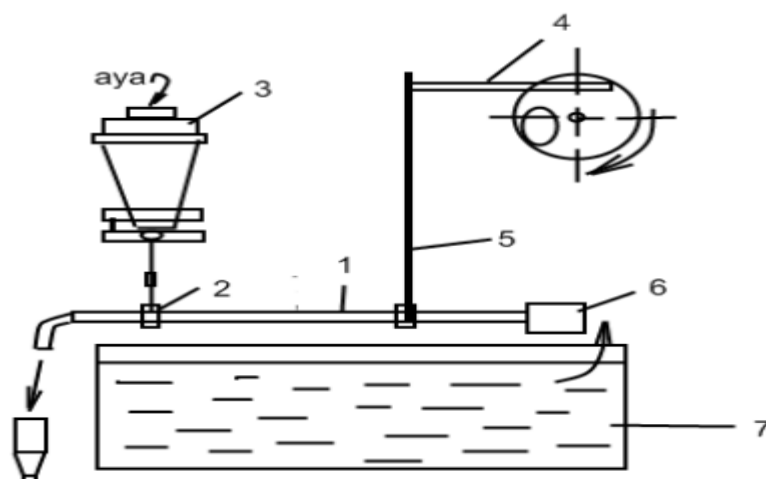
71– сурет. Скипті флотореагент тісіргіш:

1–стакан; 2–рама; 3–шатун;

4–кривошип; 5–бағыттағыштар.

Бір реагенттіс кейде бірнеше операцияларға тісуіне байланысты скипті тісіргіштер қіп камералы тірде қолданылады.

Шгімішті автоматты тісіргіш АДР -6

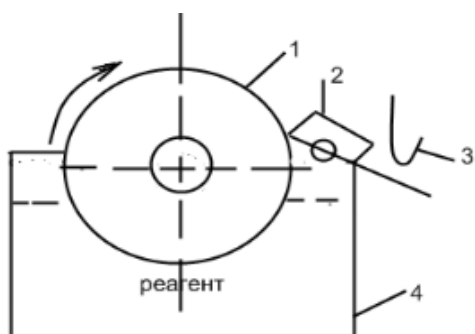


72 – сурет. Автоматты шгімішті тісіргіш.

1–тітік, 2–шарнир, 3–пневматикалық механизм, 4–кулачокты механизм, 5–тартқыш, 6–шгіміш, 7–бак.

Тітікпен (1) жалаасқан шгіміштен (6) және оны көзделіске келтіретін механизмдерден тұрады. Тітік тербеліс көзделіске мүмкіндік беретін шарнирге (2) бекітілген. Шгімішке жақын жерде тітік тартқыш (5) арқылы кулачокты механизммен (4) жалаасқан. Кулачок айналуында тітікті шгімішті басы алма кезек түмен тісіп шгіміш ваннадағы ерітіндіге батырылып толады да, жоғары көтерілгенде тітікке тісіп асып кетеді. Ерітіндіні ваннадағы десгейі қалқығыш механизм көмегімен інемі бір қалыпта сақталады. Реагенттерді тітікпен асып шығатын мөлшері шарнирді (2) жоғарырақ не түменірек орналасуына байланысты. Оны орны мембранды пневматикалық (ауалы) (3) механизммен автоматты түрде реттеледі.

Шкивті тісіргіштерде ванна (4) ішіне айналуы шкив (диаметрі кіші барабан 1) орналасқан (73 – сурет).



73–сурет. Шкивті реагент тісіргіш.

1–шкив; 2–қырығыш; 3–наушық; 4–ванна.

Шкив беті інемі жұқа май қабатымен жабылған. Ваннаны ернеуіне орнатылған қырығыш (2) ұшы шкив бетіне тіреле орналасып нәтижесінде май қабаты сыдырылып қабылдағыш наушыққа (3) тіседі. Май мөлшері сыдыртқыш ұшыны шкив бетіне тығыз не босақы тірелуімен реттеледі.

Келтірілген қосалқы жабдықтардан басқа байыту фабрикаларында майлы реагенттерді эмульсияға айналдыратын іртірлі принципті қондырғылар, реагент ерітінділерін пульпаға тісіру алдында физика-химиялық ідістерімен іздеу (мысалы, электрохимиялық тотықтандыру және т.б.) тұрақтылығы жоғары дәрежедегі пульпадан белгіленген кбiкті басу ішін қолданылатын іртірлі қондырғылар және тағы кейбір арнаулы жабдықтар қолданылуы мiмкін.

8.6 Флотациялау технологиясы

Флотация процесінің тиімділігіне көптеген факторлар ісер етеді. Олар негізінде байытылатын қазбаның қасиеттерімен тығыз байланысты. Қазбалардың ең басты қасиеттеріне оның ішіндегі бағалы заттардың проценттік ілестері, минералдық құрамы және сеппелік дәрежесі жатады. Технологиялық байыту схемасына кіретін барлық операцияларға ісерін тигізетін факторлар мыналар: ұнтақталған заттың ірілігі, пульпаның тығыздығы, реагенттік режим, аэрация (ауалау) дәрежесі, пульпаның температурасы, пульпаның камералар (ванна) арқылы іту жылдамдығы, қолданылатын флотациялау машиналарының конструкциясы, қолданылатын су құрамы және т.б.

Тйірішіктердің ірілігі флотация процесінде маңызды роль атқарады. Ең көп тараған көбікті флотацияда кен тйірішіктерінің диаметрі 0,02-0,1 мм шекаралықта болса ілкен жылдамдықпен флотацияланады. Ірілік 0,25 мм ден асса, не 0,01 мм- ден аз болса, олардың флотациялануы кірт ітмендейді не флотацияланбайды. Тек көмір байытылғанда іріліктің жоғарғы шегі 0,5 мм болуы мiмкін. Сол сияқты көбікті қабатта бiлу машиналары іріліктің жоғарғы шегі кейде 2 мм- ге жетеді.

Іте ұнтақты тйірішіктер (<0,02) флотацияға ілкен нұсқан келтіреді. Реагенттердің шығынын арттырады, ірі тйірішіктердің бетіне жабысып, олардың флотациялануын ітмендетеді, тау жынысы минералдарының ұнтағы сумен көбікті інімге шығып оның сапасын ітмендетеді және т.б. Демек, пульпаның гранулометриялық құрамының флотация ішін маызы зор. Кейбір қазба байлық ірлерін (темір, фосфорит кендерін) флотациялау алдында іте ұнтақты бiлігі алдын ала бiлініп, қалдыққа жіберіледі.

Пульпаның тығыздығы. Қатты зат ілесі флотацияда 40-15 % шек аралығында ізгереді. Негізгі және бақылау операцияларында ол орта есеппен 30-35 % болса, тазалау операцияларында 25-15 % болады. Пульпаның тығыздығы артқан сайын араластыру дәрежесі ітмендеп, ауаның ұсақ көпіршіктерге бiлінуі және пульпа ішінде жайылуы қиындайды. Сонымен қабат үйкелістің артуынан тйірішіктердің көпіршіктерге жабысу көші кірт азаяды. Пульпаның тығыздығы белгілі мiлшерден азайған сайын, біріншіден, тйірішіктердің көпіршіктермен соқтығысуы (соның нәтижесінде оларға жабысуы) сиректейді, екіншіден, процестің інімділігі ітмендейді, ішіншіден, реагенттер шығыны артады.

Реагенттік режим флотацияда шешуші рөл атқарады. Ір реагенттің тәжірибемен анықталған тиімді шығыны операцияларға берілгенде өте мұқият бақылануы тиіс. Оларды су ерітінділерін, эмульсияларын және тағы басқа түрде дайындалғанда концентрациялары не басқа сипаттамалары дұрыс анықталып, пульпаға тісетін кәлемдері дәл есептеліп және процеске тісіру орындары дәл белгіленуі қажет. Пульпаны қырау уақыты созылымды болуды қажет ететін реагенттер көпшілік жағдайда диірменге не пульпа айдағыш насостарға беріледі. Кей реагенттер тек араластырығыш чандарға тісіріледі.

Пульпаны аэрациялау дәрежесіне байланысты флотацияның ғнімділігі өзгереді. Пульпада ауа кәлемі артқан сайын көпшіктенуі артып, ғнімділік қсеседі. Бірақ ол бір шектен асса көбікке флотацияланбайтын минерал тәйіршіктерінің шығыуы көбейіп, минералдарды бәлу дәрежесі төмендейді. Тәжірибеде негізгі және бақылау операцияларында аэрациялау дәрежесі жоғары болып, ал тазалау операцияларында төмен болуы қажет. Орта есеппен пульпада ауа кәлемі 30% шамасында болады. Ауаның жалпы кәлемі қолданылатын машиналардың типіне байланысты болса, көпшік саны және олардың диаметрлері көбіктендіргіштердің шығынымен анықталады.

Пульпаның температурасы кейбір реагенттердің суда еруіне (не эмульсиялануына) және олардың минерал беттерімен әрекеттесуіне ілкен әсер етеді. Температура қскен сайын химиялық реакциялардың жылдамдықтары артатыны белгілі. Бірақ байыту фабрикаларында ілкен кәлемді пульпаны жылытып, температураны көтеру ішін көп энергияны жұмсау қажеттілігіне байланысты, мұндай әрекет жезеге асырылмайды. Демек көпшілік жағдайда процесс табиғи температурада жүргізіледі. Тек кейбір арнаулы технологиялық процестерде (мысалы коллективті концентраттарды бәлуде, пульпа кәлемі аз болғанда) жүргізгенде пульпа температурасы кейде 60-90⁰-ке дейін көтеріледі.

Флотациялау машиналарының конструкциясы байытылатын қазбаның қасиеттеріне және қолданылатын технологиялық схемаларға сай болуы қажет. Пульпадағы ауа көлемі, көпшіктердің ірілігі, пульпаның қозғалыс режимі тікелей машина конструкцияларымен байланысты. Мысалы, өте ұнтақ (шламды) қазбаларды байытуда пневматикалық машиналар тиімді келеді. Себебі оларда ауаның суда еру дәрежесі жоғарыда, шламды тәйіршіктердің бетіне еріген ауадан бөлінетін көпшіктердің пайда болуы олардың тез флотациялауына мүмкіндік тудырады. Ірі тәйіршікті кенді флотациялауға тек көбікті қабатта бәлу машиналары қолданылады.

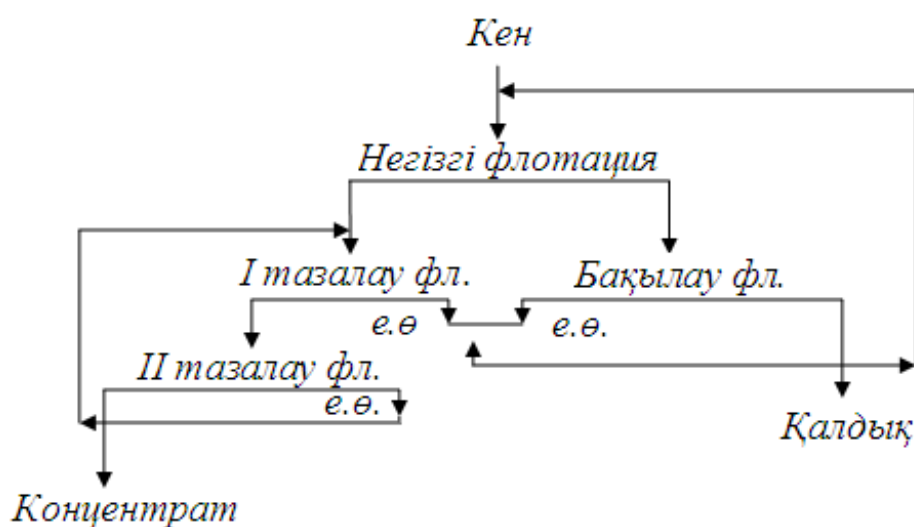
Су құрамының әсерін реагенттердің әсерімен салыстыруға болады. Табиғи суда көптеген иондар кездеседі. Олар флотацияға сөзсіз әсер етеді. Көпшілік жағдайда суда олардың концентрациялары өзгеріп отырады. Сондықтан олардың зиянды әсерін күні бұрын болжап, оған қарсы әрекет жасау қиын. Дегенмен, қолданылатын суға талдау жасап, негізгі сипаттамаларын анықтап, олардың концентрация мөлшерін айқындап, белгілі зиянды әсерлерін барынша төмендету жолдарын қолдану қажет. Сипатталған факторлардың басқанда кен қасиеттерімен байланысты туатын табиғи

факторлар да аз емес. Демек, флотация процесі көп факторлы өте күрделі процес.

8.7 Флотациялық байытудың технологиялық схемалары

Флотациялық байыту схемаларының көп түрлілігі негізінде екі фактормен анықталады. Кендегі бағалы минералдардың сеппелік дәрежесі және концентрат түрінде шығаруға тиісті бағалы заттардың саны. Осыған байланысты флотациялық схемалар көп операциялы схемаларға жатады.

Кен бір компонентті және бағалы минералдың сеппелік дәрежесі біркелкіге жуық болса ол 74 – суретте келтірілген ең қарапайым схемамен байытылуы мүмкін.

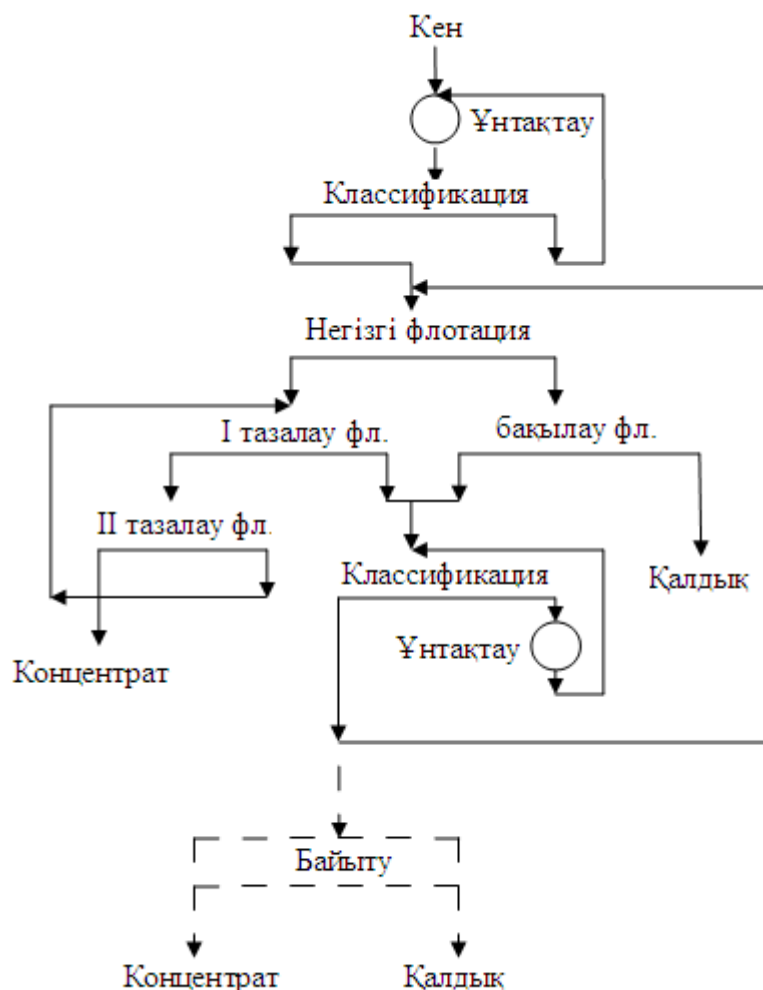


74–сурет. Ең қарапайым флотациялау схемасы

Бастапқы кен түзетін операция негізгі флотация деп аталады. Одан алынатын көбікті өнім бір не бірнеше тазалау флотацияларынан өтеді. Тазалау операцияларының саны кеннің сапасы мен концентратқа қойылатын талаптарға байланысты: кенде бағалы зат үлесі артқан сайын тазалау операцияларының саны азаяды (мысалы кендерді байытқанда, әдетте 2-4, ал көмірді байытқанда 1-2 операция қолданылады). Негізгі флотацияның камералық өнімінде әртүрлі себеппен бағалы заттың біразы қалып қояды. Оны қосымша бөліп алу үшін камералық өнім бақылау флотациясына түседі. Бұл операция көбінде бір рет, сирек екі рет жүргізіледі. Бақылау операциясының камералық өнімі қалдық ретінде алынады.

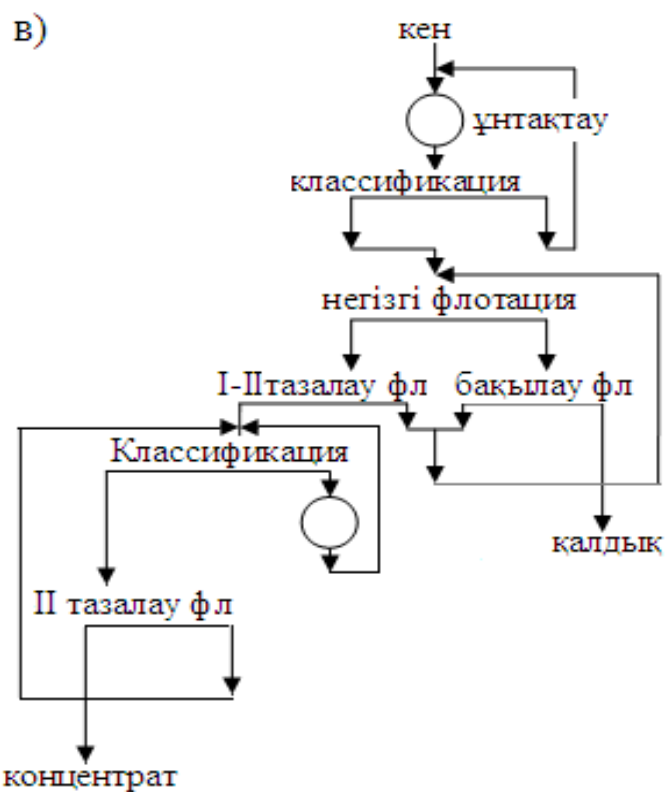
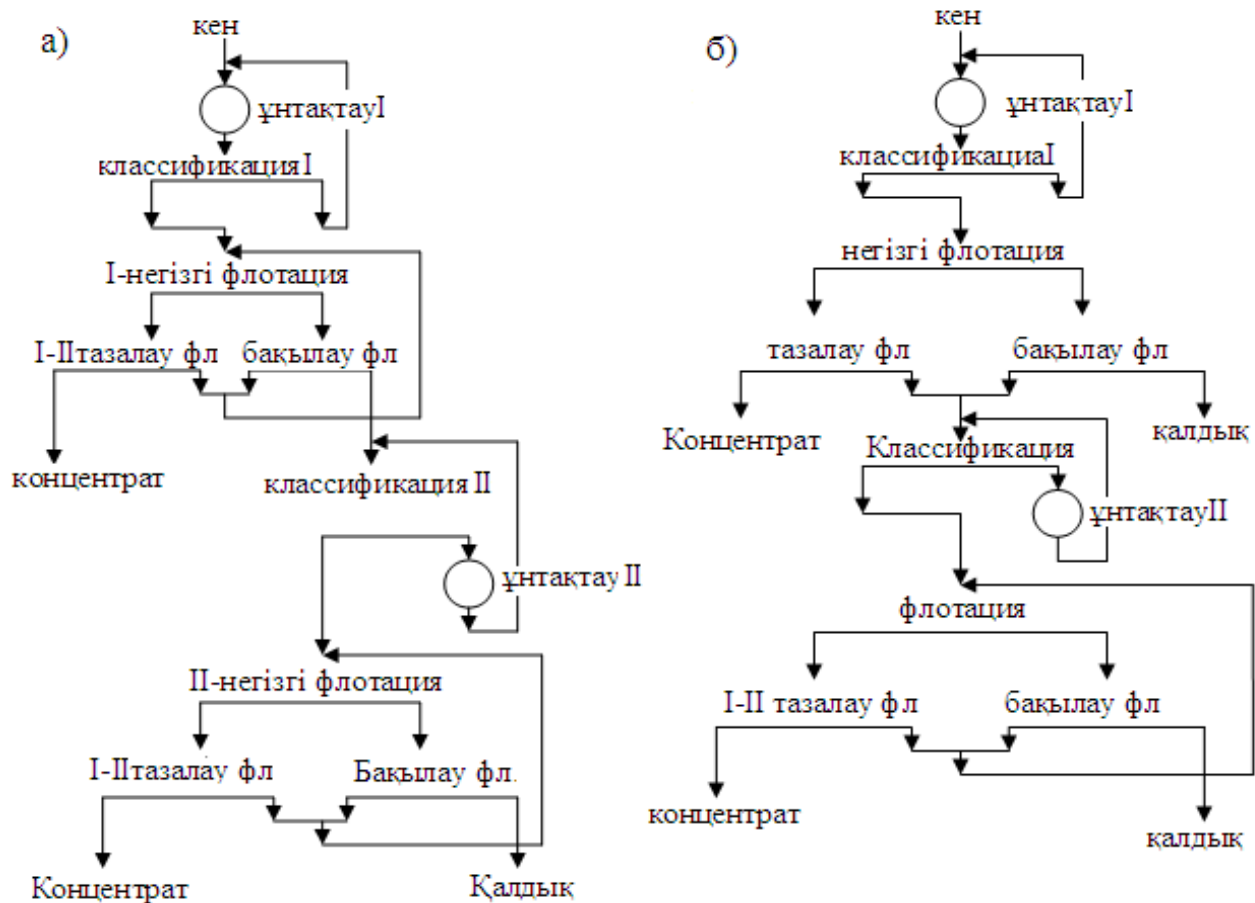
Тазалау операциясында шығатын камералық өнімдерде және бақылау операциясының көбікті өнімінде бағалы зат үлесі төмен. Оларды екі аралық өнімдер деп атайды. Әдетте, әр тазалау операциясында алынған екі аралық өнім оның алдында жүргізілген операцияға қайтарылады. Мысалы, екінші тазалау, флотациясының камералық өнімі бірінші тазалау флотациясына, біріншіден ол негізгі флотацияға түседі, бірінші тазалау және бақылау

флотацияларынан алынған екі аралық өнімдерде бағалы минералдар көбінде тау-жыныс минаралдарынан ажырамаған түрде болады. Ондай жағдайларда ол өнімдер қосымша жеке диірменде ұнтақталады да, содан кейін негізгі флотацияға қайтарылады, не жеке байытылады (75 – сурет).



75 – сурет. Екі аралық өнімнің жеке циклде байытылу схемасы

Егер кенде бағалы минерал сеппелік дәрежесі біркелкі болмаса, түйіршіктердің диаметрлері үлкен шекаралықта өзгерсе онда *сатылы байыту* схемалары қолданылады. Оның мағынасы мынада: Ұнтақтау бағалы минералды бірден толық ажырату үшін жүргізілмей, сатылай жүргізіледі де, соған сәйкес байытуда сатылай жүргізіледі. Егер бір сатылы ұнтақтаумен толық ажырату мақсаты қойылса ірі түйіршіктер қажетсіз ұнтақталып шламға айналар еді де, қалдықта қалып қояр еді. Сондықтан тәжірибеде көпшілік кендердің біркелкі сеппелі түрде сирек кездесуіне байланысты көбінде сатылы байыту қолданылады. Жоғарыда келтірілген екі аралықты өнімді жеке ұнтақтап жеке байыту сатылы байытудың бір түріне жатады. Сол сияқты, кейбір кен түрлерін байытқанда негізгі флотация ірілеу ұнтақталғаннан кейін жүргізіледі де, алынған көбікті өнім қосымша ұнтақталғаннан кейін тазалау операциясына түседі. Бұл вариантта сатылы байытуға жатады. Сипатталған схемалар 76 – суретте келтірілген.

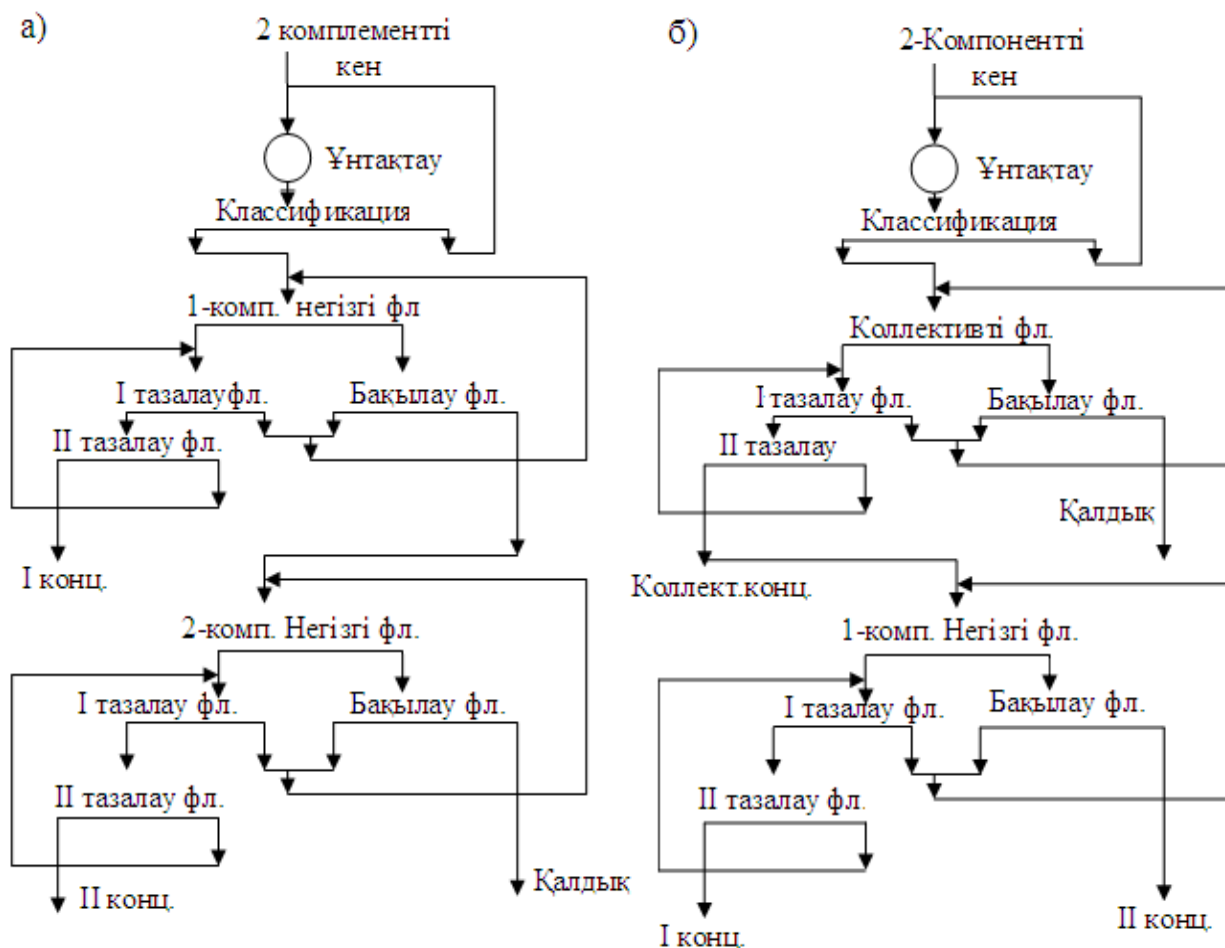


76 – сурет кенді сатылы байыту схемалар түрлері

Практикада көпшілік жағдайда екі, сиректеу үш сатылы байыту схемалары қолданылады және келтірілген үш варианттың комбинациясында жиі ұшырайды. Сонымен байытудың сатысы ұнтақтау және байыту операцияларынан тұрады.

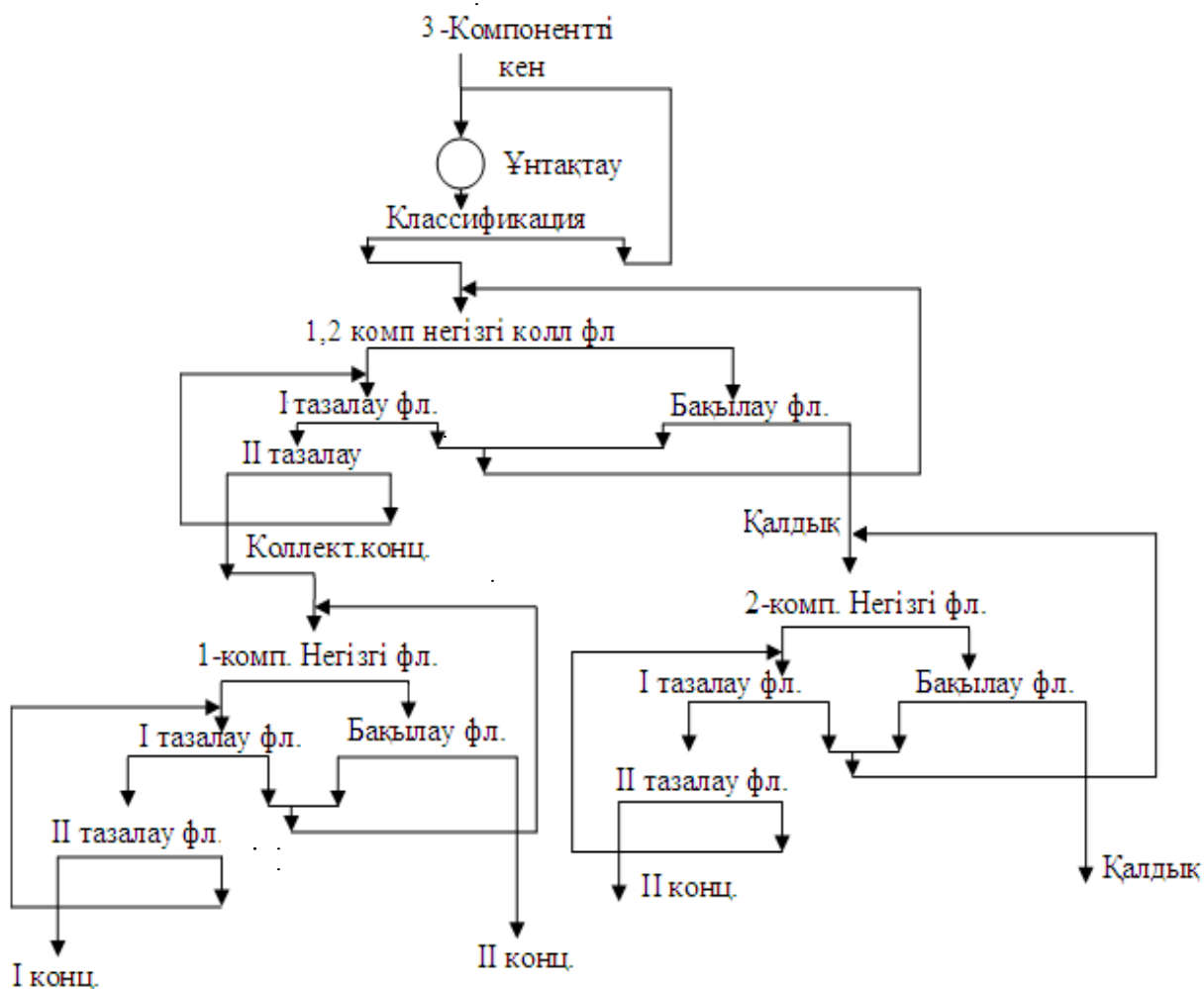
Кеннің көбінде екі не онанда көп компоненті болып кездесетініне байланысты флотациялық байыту схемалары *селективті* флотациялау, *коллективті* флотациялау және *коллективті-селективті* флотациялау түрінде беріледі. *Селективті флотациялау* схемасы бойынша әртүрлі бағалы зат минералдары кеннен кезектес, демек бірінен кейін бірі бөлінеді (70-сурет, а).

Коллективті флотациялау схемасы қолданылғанда кеннен барлық бағалы зат минералдары бірге коллективті концентрат түрінде бөлінеді де, одан кейін ол жеке концентраттарға ажыратылады (77-сурет, б).



77-сурет. Екі компонентті кенді селективті (а) және коллективті (б) схемаларымен байыту технологиялары

Егерде кенде бағалы зат саны үш не одан көп болса *коллективті-селективті флотациялау* схемалары қолданылады. Олар әртүрлі варианттармен жүргізілуі мүмкін (78-сурет).



78–сурет. үш компонентті кенді коллективті селективті схемалар байыту технологиясы

Бұл схемалардың түрі және тиімділігі көптеген факторлармен анықталады. Олардың ішіндегі бастылары: минералдардың флотациялану активтілігі, бағалы заттың кендегі не коллективті концентраттардағы проценттік үлесі және минералдардың сульфидті не тотықты түрде болуы.

Егер кенде бағалы заттар сульфидті және тотықты минералдар түрінде болса алдымен сульфидті минералдар флотацияланады. Егер кендегі минералдардың флотациялану активтігі әр түрлі болса, онда алдымен активті минерал флотацияланады. Минералдардың активтіліктері бірдей болса онда бірге флотацияланады да, артынан селективті флотациямен бөлінеді. Мұнда, көбінде коллективті концентратта үлесі аз минерал флотацияланады да (көбікті өнім), екінші минерал концентраты камерадық өнім түрінде алынады.

Екі не көп компонентті кендер келтірілген күрделі схемалармен байытылғанда, олар екі не бірнеше циклдерден тұрады. Цикл деп жеке бір металды не коллективті концентрат алуға қолданылатын операциялар жиынтығын айтады.

Бір типті кендер қасиеттеріне қарай әртүрлі байыту схемаларымен байытылуы мүмкін.

9 Магнитті байыту әдісі

9.1 Магнитті байытудың физикалық негізі

Кенді магнитті әдіспен байыту минералдардың магнитті қасиеттерінің арасындағы айырмашылықтарына сәйкес магнит өрісінде бөлінуіне негізделген.

Магнит өрісі магнитті заттың не электр тоғы жүретін өткізгіштің айналасындағы кеңістікте туады.

Магнит өрісі магнит индукциясымен және кернеумен сипатталады.

Магнит индукциясы (B) бірлік ауданнан өтетін күш сызықтарының санымен анықталады:

$$B = \Phi / S$$

мұнда Φ – магнит ағыны, Вб;

S – қыйынды ауданы, м².

Магнит индукциясының өлшем бірлігі *тесла*. Тесла–өріске перпендикуляр өткізгіштің әр метрінен 1А электр тоғы өткенде әсері 1Н күшіне тең болғанда туатын өрістің индукциясы.

Магнит өрісінің *кернеуі (H)* өріс нүктесінде оң магнит массасының (m) бірлігінде әсер ететін күшпен (F) анықталады:

$$H = F / m$$

Оның өлшем бірлігі – А/м.

Магнит индукциясы (B) және өріс кернеуінің (H) ара қатынасы былай:

$$B = \mu / \mu_0 H,$$

мұнда μ – ортаның салыстырмалы магнит өткізгіштігі;

μ_0 – магнит тұрақтығы ($\mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-6}$)

Егер магнит өрісінің әр нүктесінде кернеу шамасы және бағыты бірдей болса, онда өріс біртекті деп, егер бұл шарт орындалмаса әртекті деп саналады.

Магнит өрісінің әрекеттілігі өріс градиентімен (grad H), демек кеңістікке кернеудің жылдамлығымен сипатталады:

$$\text{grad} = dH/dX$$

мұнда dx – магнит өрісінің кернеуі dH шамасына өзгертін қашықтық. магнит өрісінің әртектілігі *магнит күші* Fп (А²/м³) деп оның сол нүктедегі кернеуінің көбейтіндісін атайды:

$$F_p = H \cdot \text{grad} H$$

Магнит өрісінде заттың магниттелуі *магнит моменті (M)* арқылы сипатталады. Магнит моменті деп полюстік магнит массасын екі полюстің арасындағы қашықтыққа көбейтіндісін атайды. Заттың *магниттелуі (I)* деп магнит моментін оның көлеміне (V) бөліндісін атайды:

$$I=M/V$$

Заттың магниттік қасиеті оның магнит қабылдағыштығымен (χ) сипатталады. Заттың көлемді магнит қабылдағыштығы оның магниттелуін (I) өрістің кернеуіне бөлгендегі бөлінісін атайды:

$$X = I/H$$

Көлемдік магнит қабылдағыштың заттың масса бірлігіне бөліндісі *үлесті магнит қабылдағыштық* χ ($\text{м}^3/\text{кг}$) болып табылады:

$$\chi = X/\sigma$$

мұнда σ – заттың тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Магнит өрісінде m массалы минерал түйіршігіне әсер ететін магнит күші F_m мына формуламен анықталады:

$$F_N = \mu_0 \cdot \chi \cdot H \cdot \text{grad } H \cdot m$$

Магнитті қасиет қабылдағыштарына қарай барлық заттар екі топқа бөлінеді: *парамагнитті* және *диамагнитті* заттар. Әр топқа кіретін заттар магнит өрісінде әр түрлі әрекетке түседі. Парамагнитті заттар магнит өрісінің кернеуінің жоғарғы жеріне таралады, ал диамагнитті заттар магнит өрісінің кернеуі ең аз жеріне ығыстырылады. Яғни, біріншілері магнит полюсінде тартылады, ал екіншілері тебіледі.

Парамагнитті заттардың ішінде магниттелу қасиеті күшті заттар кездеседі. Олар *ферромагниттер деп* аталады. Оларға жататындар темір, никель, кобальт және темір минералдары магнетит және пирротин.

Таза диамагнитті заттарға, мысалы, мыс, алюминий, күміс, висмут, сурьма және тағы басқалары жатады. Көпшілік металдар мен минералдар парамагнитті заттарға жатады. Магнит қабылдағыштарына қарай минералдарды бірнеше топқа бөлуге болады:

1. *Күшті магнитті*. Яғни ферромагнитті минералдар. Олардың үлесті қабылдағыштығы $\chi = 4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{кг}$. Оларға жататындар: магнетит, пирротин, маггомит, титаномагнетит, франклит.

2. *Әлсіз магнитті*. Яғни парамагнитті минералдар. Олардың үлесті магнит қабылдағыштығы $\chi = 1,26 \cdot 10^{-7} \div 0,75 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{кг}$ шекаралықта өзгереді. Оларға бірсыпыра тотықтар, темірдің, хромның гидрототықтарымен карбонаттары, ильменит, вольфрам, гранит, биотит және тағы басқалары жатады.

3. *Магнитсіз*. Яғни диамагнитті минералдар. Олардың үлесі үлесті магнит қабылдағыштығы $\chi < 1,26 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/\text{кг}$. Бұларға кварц, кальцит, полевои шпат, касситерит, аппатит, мусковит және басқалары жатады.

Минерал түйіршіктері арнаулы аппараттарда магнит өрісінен өткенде оларға магнит күшінен басқа көптеген күш әсер етеді. Оларға магнитті өрістің ығыстыру күші, салмақ күші және ортаның кедергі күштері (тығыздық, тұтқырлық және басқалары) жатады. Минерал түйіршіктерінің магнит полюсіне тартылуы не тартылмауы магнит күшінен басқа күштердің ара қатынасына тәуелді. Егер магнит күші басқа күштердің қосындысынан артса түйіршік (кесек) магнитті фракцияға шығарылады, егер керісінше болса

онда түйіршік магнитсіз фракцияға шығады. Минералдардың тиімді бөлінуінің негізгі шарты – олардың магнитті қасиеттерінің арасындағы айырмашылық жеткілікті деңгейде болуы қажет. Орта есеппен олардың үлесті магнит қабылдағыштық қасиеттерінің айырмашылығы іс жүзінде 3-5 есе болуы керек.

Кендегі минералдардың қасиетіне қарай қолданылатын магнитті бөлгіштерде процесс әр түрлі кернеулі магнит өрісінде жүргізіледі. Әлсіз магнитті минералдарды бөліп алу үшін магнит өрісінің кернеуі 1000 кА/м кем болмауы керек. Күшті магнитті минералдарды бөлуге 120-150 кА/м жеткілікті.

Магнитті бөлу әдісі негізінде темір және марганец кендерін байытуға қолданылады. Сонымен қатар біраз сирек металдар кендерін байытқанда алынатын концентраттардың сапасын арттыру мақсаты қойылғанда оған кейде тек осы әдісті қолданумен жетуге болады. Бірсыпыра кен түрлерін ауыр ортада байытқанда суспензойд ретінде магнитті зат қолданылса, оны регенерациялау магнитті бөлгіштерден өткізу арқылы жүргізіледі.

9.2 Магнитті бөлгіштер

Магнитті бөлгіштердің көптеген конструкциялары белгілі. Олардың көп түрлілігі біріншіден, байытылатын кеннің бөлгіштерге түсу алдында әр түрлі түрде (кесек не уақ түрде, құрғақ не пульпа түрінде) болуы болса, екіншіден, минералдардың магнитті қасиеттерінің әр түрлі дәрежеде болуына байланысты. Осыған байланысты магнитті бөлгіштердің жалпы конструкциялық ерекшеліктерін қарастырайық.

Барлық магнитті бөлгіштерде тек әртекті өріс қолданылады. Себебі олардың біртекті өріспен салыстырғанда өріс кернеуі салыстырмалы жағдайда жоғары болады.

Әлсіз магнитті кендерді байытуға арналған бөлгіштерде магнит өрісінің кернеуін жоғарылату мақсатымен *тұйық магнитті жүйелер* қолданылады, демек кен түйіршіктері екі полюс арасынан өткізіледі. Күшті магнитті кендерге арналған бөлгіштерде ашық магнитті жүйелер әр түрлі вариантта қолданылады.

Көпшілік магнитті бөлгіштерге магнит өрісі электр тоқ әсерімен тудырылады, демек электромагниттер қолданылады. Одан туатын өріс кернеуі тұрақты магнит өріс кернеуінен көп жоғары келеді де және өріс кернеуі соленойд арқылы өтетін электр тоғының күшін өзгерту арқылы жеңіл реттенеді. Тұрақты магниттер тек күшті магнитті қасиеті бар ұсақ кесекті не ұнтақ кендерді байытуға қолданылатын бөлгіштерде орнатылады.

Магнитті бөлгіштердің негізін екі бөлшек құрайды: магниттік жүйе және тасымалдаушы қондырғы. Бөлгіштердің аттары тасымалдаушы қондырғылардың түрлеріне қарай қойылған.

Магнитті жүйелердің тудыратын өріс кернеуіне қарай магнитті бөлгіштер екі топқа бөлінеді: күшті магнитті кендер бөлгіштері және әлсіз магнитті кендер бөлгіштері.

Тасымалдаушы қондырғылардың (оларды жұмыс органдары деп атайды) түріне қарай магнитті бөлгіштер барабанды, валкалы, дискалы, роликті және тағы басқа түрлерге бөлінеді.

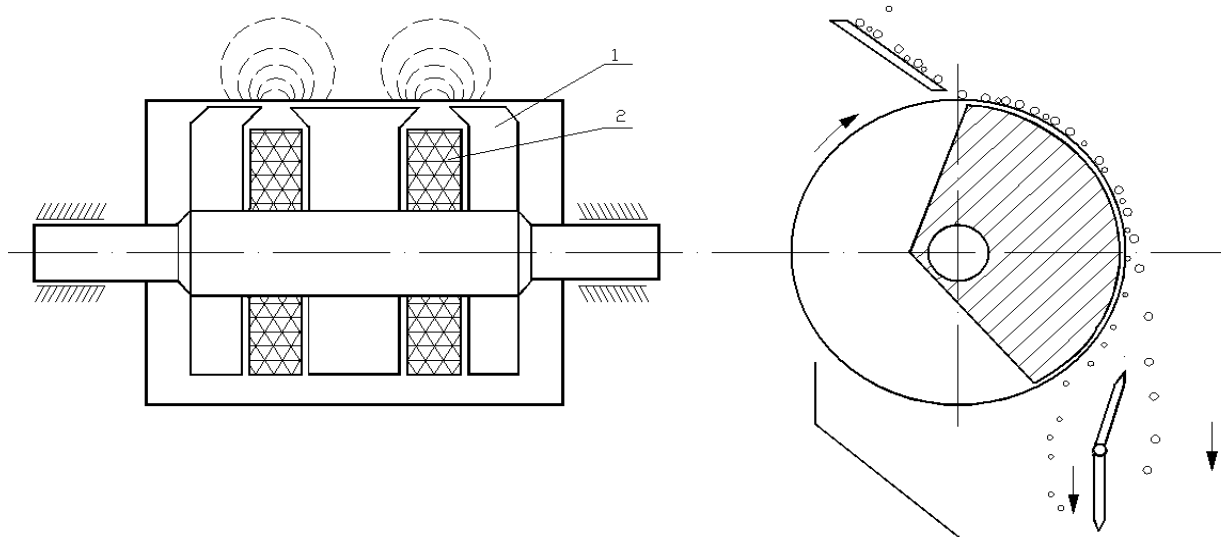
Күшті магнитті кендерді бөлгіштер

79 – суретте бір барабанды құрғақ ұсатылған кенді байытуға арналған бөлгіштің схемасы келтірілген. Оларда ірілігі орташа 100 мм-ге жететін кен байытылады. Ірілік 40 мм-ден аспаса тұрақты магнит, ал одан ірі болса электромагнит қолданылады. Магнитсіз материалдан жасалған айналмалы барабан (1) ішіне ось бойына полюстері кезектес түрде қозғалмайтын ашық магнит не электромагнит жүйесі (2) орнатылған.

Аз жылдамдықпен (барабан бетіндегі оның шамасы 1-3 м/с) оң бағытта айналатын барабан үстіне кен тербелгіш түсіргішпен беріледі. Магнитті кесектер (түйіршіктер) барабан бетіне тартылады, ал магнитсіздері барабан бетінде бос жатады. Магнитті кесектер барабан бетінен магнит өрісінің зонасынан шыққан жерден құлайды. Магнитсіз кесектер өз салмағымен тік бағытта құлайды. Процесс нәтижесінде кен магнитті және магнитсіз фракцияларға бөлінеді. Магнитті фракцияның шығымы және онымен байланысты сапасы бағыты өзгермелі шибермен реттеледі.

Барабан диаметрі 800-1500 мм, ал ұзындығы 1700-4000 мм. Магнит өрісі кернеуі 105-150 кА/м.

Бөлгіштер бірнеше барабаннан тұратын агрегат түрінде жасалады. Бірінші барабаннан өткенде шығатын фракциялар басқаларында тазалау және бақылау операцияларынан өтеді.

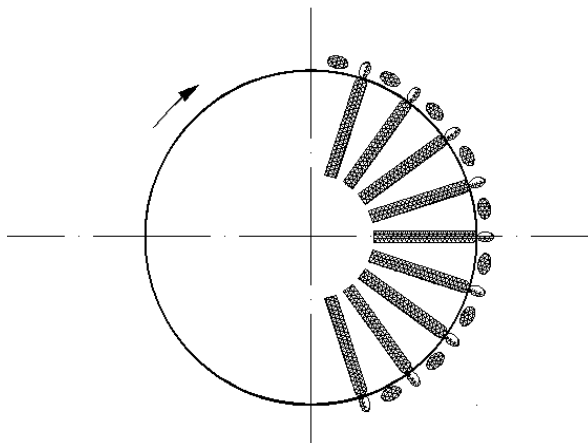


79 – сурет. Барабанды магнитті бөлгіштің схемалы көрінісі:

1 – барабан; 2 – электромагниттік жүйесі.

Барабан ішінде полюстер оның ұзын бағыты бойымен кезектесе орналасса (79–суретте сол түрі көрсетілген), онда барабанға тартылған түйіршік оның бетінен айырылғанша қозғалыссыз қалыпта болады. Егер полюстер барабанның айналыс бағытына сәйкес кезектесе орналасса (80–

сурет), онда полюстің ауысуына байланысты түйіршіктер домалай қозғалысқа келеді. Соның нәтижесінде әлсіз магнитті кездейсоқ тартылған түйіршіктер ақырында магнитсіз фракцияға не екі аралық өнімге шығады. Демек, магнит жүйесінің бұл түрі жоғары сапалы магнитті фракция алуға мүмкіндік тудырады.



80–сурет. Өзгермелі полярлі барабанды магнитті бөлгіште полюстердің орналасуы

Күшті магнитті кендерді құрғақ байытуға арналған бөлгіштердің өнімділігі төмендегі формуламен анықталады:

$$Q = 0,82n(1-0,1) \cdot V \cdot \sigma \frac{d_2 - d_1}{\lg d_2 d_1} a_b$$

мұнда: Q – өнімділік, т/сағ;

n – барабандар саны (тек негізгі операцияға қолданылатын);

L – барабанның ұзындығы, м;

V – негізгі операцияға арналған барабан үстінде материал қабатының қозғалу жылдамдығы, м/с;

σ – кеннің тығыздығы, т/м;

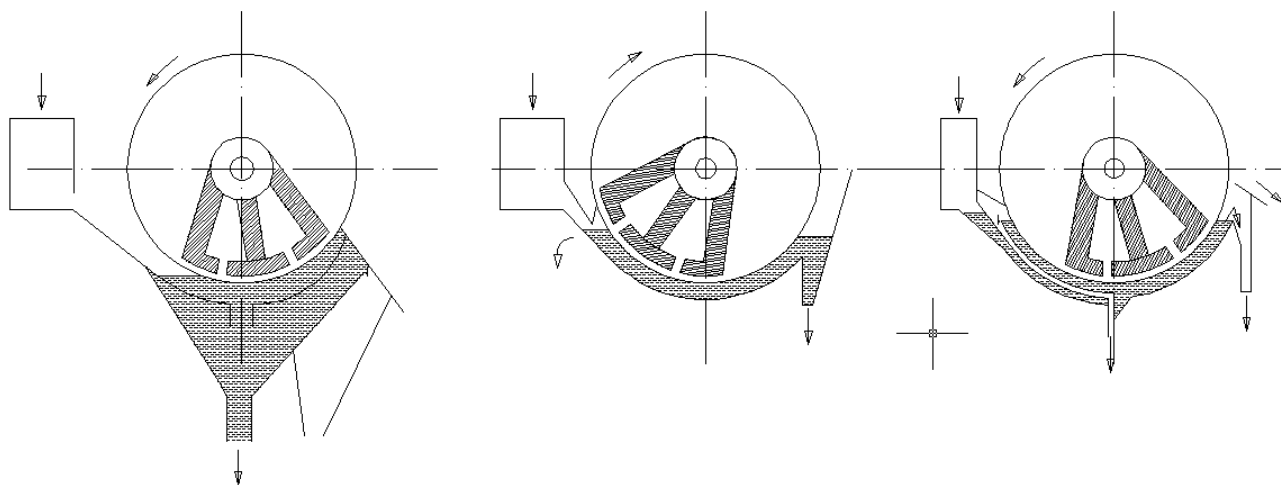
d_2, d_1 – кендегі ең ірі және ең ұсақ түйіршіктердің диаметрлері, мм;

a, b – негізгі және тазалау операциялары үшін қолданылатын барабан сандарының ара қатынасын және бастапқы заттың ірілігін есепке алатын коэффициенттер.

Күшті магнитті кендерді сулы ортада бөлгіштерде түйіршік іріліктері 3-6 мм-ден аспайды. Бөлгіштерге кен пульпа түрінде түседі. Бұларда кен байытылғанда тұрақты магнит жүйесі қолданылады да, ал суспензодты регенерациялауда электромагнит қолданылады.

Магнитсіз заттан жасалған барабан (1) (81–сурет) үш не бес полюсті магнит жүйесінің (2) сыртында айналады. Ол пульпа түсетін ванна 2 ішіне кіргізіле орнатылған. Егер барабан бағыты пульпаның ағып түсу бағытымен сәйкес болса (81–суретте, а) ванна түзу ағысты деп, ал барабан айналысы

пульпаға қарсы бағытта болса (81–сурет, б) онда ванна қарсы ағысты деп аталады. Олармен қатар жартылай қарсы ванналы бөлгіштерде қолданылады (81–сурет, в).



81–сурет. Тура ағымды (а), қарсы ағымды (б) және жартылай қарсы ағымды (в) барабанды магнитті бөлгіштердің схемалы көрінісі:
1–барабан; 2–магнит жүйесі; 3–түсіргіш; 4–науашық.

Бастапқы пульпа түсіргішпен (3) науашық (4) арқылы барабан астына түседі. Магнитті түйіршіктер барабан бетіне тартылады да, магнит өрісі зонасынан шыққан жерде сепкіштен берілетін су күшімен магнитті фракцияға арналған науаға шайылып түсіріледі. Магнитсіз түйіршіктер сумен ванна түбіндегі патрубок арқылы шығады. Магнитті түйіршіктерге магнит өрісі күшті әсер ету үшін барабан бетімен ванна түбінің ара қашықтығы 35-40 мм-ден аспауы қажет.

Түзу ағысты бөлгіштер ірі түйіршікті материалдар байытуға, ал қарсы ағысты ванналы бөлгіштер ұсақ түйіршікті (<0,5мм) материалды байытуға қолданылады.

Бөлгіштер көбінде көп барабанды болады, демек бір агрегатта негізгі, тазалау және бақылау операциялары жүргізіледі.

Күшті магнитті кендерді суда бөлгіштердің өнімділігін табу үшін қолданылатын формула:

$$Q=gn(L-0,1)$$

мұнда Q – өнімділік, т/сағат;

g – үлесті өнімділік, т/сағат;

L – барабанның ұзындығы, м;

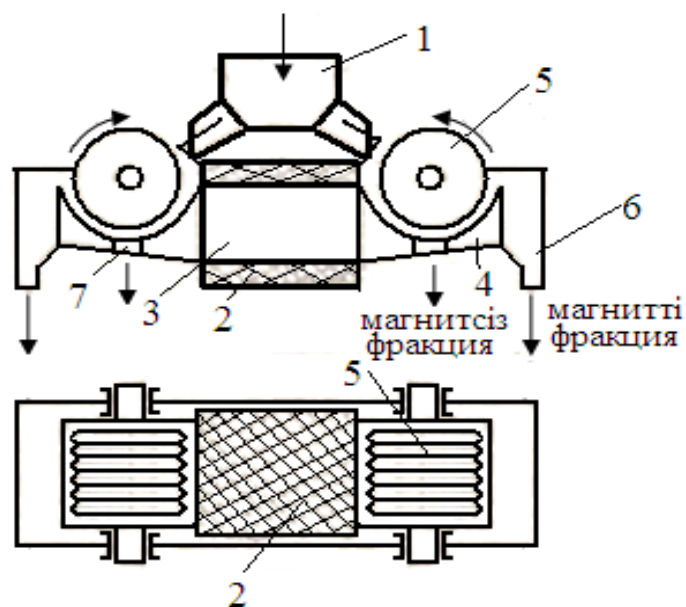
n – негізгі операцияға қолданылатын барабандардың саны.

Әлсіз магнитті кендерді бөлгіштер.

Бұларда магнит өрісінің кернеуін жоғары ету мақсатымен тек тұйық электромагнит жүйелері қолданылады. Олар валикті, роликті және дискалы бөлгіштерге бөлінеді. Валикті және роликті бөлшектер құрғақ күйде және

сулы ортада да байытуға қолданылады. Ал дискалы бөлгіштерде кен тек құрғақ күйде байытылады.

82–суретте екі валикті бөлгіштің схемалық көрнісі келтірілген. Магнит жүйесі электромагниттен (сыртқы өткізгіш орамымен (2) қапталған темір өзек) (3) тұрады. Магнит полюстері (4) ортасына тесіктері бар ойымды етіп жасалған.



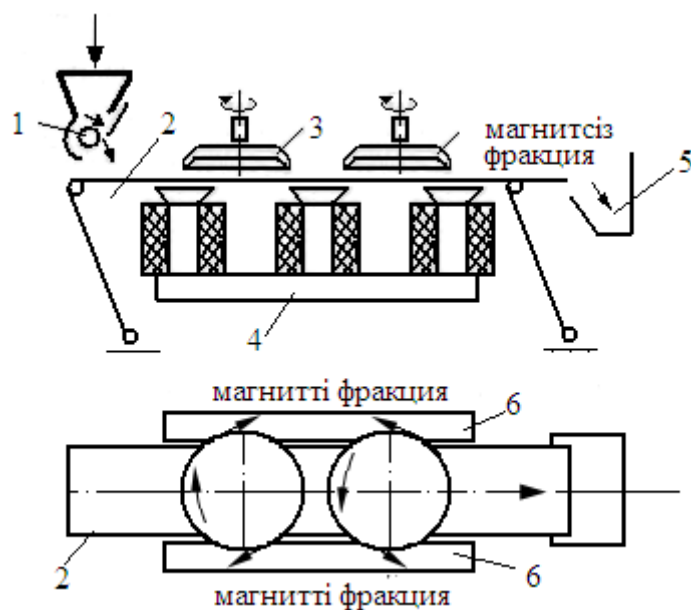
82–сурет. Екі валикты магнитті бөлгіштің схемалық көрнісі:
1–бөліп түсіргіш; 2–өткізгіш орам; 3–темір өзек; 4–магнит полюстері;
5–валик; 6,7–шығару тесіктері.

Ойым бетінде шығынқы бұдырлар бар. Осы ойым үстеріне беттерінде шеңберлі шығынқы бұдырлары бар айналмалы валиктер орналасқан. Валик және полюс бұдырлары аяқасқан түрде болады. Соның нәтижесінде өрістің әрекеттілігі күшейтіледі және өріс тұйықталады.

Бастапқы кен құрғақ не пульпа түрінде түсіргіш оймық арқылы науашықтармен валиктер астына түседі. Магнитті түйіршіктер валик бұдырларына тартылып, магнит өріс зонасынан шыққан жерде салмақ күшімен не сумен шайылып магнитті фракцияларға арналған қабылдағыштарға (6) жыйналып шығады. Магнитсіз түйіршіктер полюс тесіктері (7) арқылы шығады, қабылдағыштарға түседі.

Валиктер диаметрі 300-380 мм, ал ұзындығы 1000-2500 мм болады. Магнит өрісінің кернеуі 1200-1350 кА/м, валиктердің минутіне айналу жылдамдығы 90-ға жетеді.

Тек құрғақ түрде байытуға *дискалы бөлгіштер* қолданылады (83–сурет). Электромагнит жүйесінің (4) полюстері горизонталь жазықтықта орналасқан. Қатар орналасқан әр екі полюс үстіне біраз қашықтықта орналасқан төңкерілген тарелка пішінді айналмалы темір дискалалар (3) орналасқан. Соның нәтижесінде магнит өрісі тұйықталады.



83-сурет. Дискалы магнитті схемалы көрінісі: 1-барабанды түсіргіш; 2-лоток; 3-дискалар; 4-магнитті жүйе; 5,6-қабылдағыштар.

Бастапқы кен бункерден барабанды түсіргіш (1) арқылы тербелісті лотокқа (2) түсіріледі (не оның орнына ленталы конвейер болуы мүмкін). Магнитті түйіршіктер дискалар (3) астынан өткенде олардың шетіне тартылып жабысады. Дискалар диаметрі лоток жалпақтығынан үлкен. Соған байланысты олардың шығыңқы шеттеріне магнит өрісі әсер етпейді. Диск шетіне тартылған магнитті түйіршіктер магнит өріс зонасынан шыққан кезде салмақ күшімен құлап магнитті өнім қабылдағыштарына (6) түседі. Магнитсіз түйіршіктер лотоктың екінші шетінен шығып өз қабылдағыштарына (5) жиналады.

Дискалы бөлгіштердің өнімділігі төмен, олар негізінде басқа әдістермен алынған концентраттардың сапасын жоғарлату мақсатымен қолданылады.

Сипатталған магнитті бөлгіштерден басқа кейінгі кезде әлсіз магнитті кендерді байыту үшін *жоғары градиентті бөлгіштер* жасалды. Олар әсіресе өте ұсақ ұнтақталған байытылу дәрежесі төмен әлсіз магнитті материалдар үшін қолданылады. Конструкциялары сулы ортада байытуға арналған қарсы ағысты ванналы барабанды бөлгіштердің ағысты ванналы барабанды бөлгіштердің құрлысына сәйкес. Процестің өзгешелігі сол – магнит өрісінің градиентін жоғарлату мақсатымен барабанмен ванна аралығына ұсақ шар түрінде ферромагнитті зат салынады. Олар магнит өрісі зонасына барабан бетіне тартылып тұрады. Бастапқы зат пульпа түрінде ваннаға түскенде магнитті түйіршіктер шарлардың бетіне тартылады. Магнитсіз түйіршіктер шар араларымен сырғып, сумен шайылып ваннаның түбіндегі тесіктен шығады. Шарлар беттеріне жабысқан түйіршіктермен бірге барабан бетіне тартылған күйде онымен бірге қозғалады. Барабан беті магнит өрісі зонасынан шыққан кезден бастап (ол барабанның ең жоғарғы нүктесіннен басталады) шарлардың барабанға тартылуы доғарылып, тек өз салмақ

күштері әсерінде болады. Барабанның одан әрі айналымында шарлар салмағымен құлап ұсақ тесікті тор үстіне түседі. Осы жерде шарлардың бетіне тартылған түйіршіктер ағынды себілген сумен шайылып, тор бетінен құлай қайтадан барабанмен бірге қозғалыста болады.

Практикада әртүрлі мақсатпен магнитті бөлгіштерден басқада қосалқы аппараттар қолданылады. Олардың бір тобы пульпаны магнитті өрістен өткізу арқылы өте тиімсіз байытылатын аса ұнтақ түйіршіктерді (шламды) біріктіріп ірілеуге (флокуляция), не керісінше, түйіршіктердің қалдық магнитті қасиетін жою арқылы флокулаларды ыдыратуға (пептизация) қолданылады. Пульпаны осылай өңдеу көбіне оны қойылдыру, не пульпадан шламды бөлу процестері алдында жүргізіледі. Кейде магнитті өрісте өңдеу флотациялау алдында да қолданылады.

9.3 Кенді магнитті байытуға дайындау

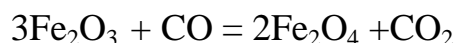
Магнитті әдіспен байыту тиімділігіне бір сыпыра факторлар әсер етеді, оларға жататындар; магнит өрісінің кернеуі, бастапқы заттың ірілігі және түйіршіктер диаметрлері бір келкілігі, заттың ылғалдылығы, магнит өрісінен өту жылдамдығы және т.б.

Магнит өрісінің кернеуі бөлгіштің конструкциясымен байланысты. Электромагнитті бөлгіштерде оны ток күшін өзгерту арқылы белгілі мөлшерде реттеуге болады. Дайындау процестерінің бастылары кенді құрғақ түрде байытқанда оны алдын-ала құрғату және әртүрлі ірілік кластарға бөлу. Кеннің құрғақтығы артқан сайын түйіршіктердің бір-біріне жабысуы төмендейді. Демек әр фракцияның сапасы артады.

Неғұрлым жұмыс органы үстіне ірілігі біркелкі түйіршіктер жұқа қабат жасай түссе, соғұрлым олардың бөліну дәрежесі артады. Сол сияқты магнит өрісінен неғұрлым аз жылдамдықпен өтсе, соғұрлым магнитті түйіршіктер толығырақ бөлінеді. Бірақ соған сәйкес бөлгіштің өнімділігіде төмендейді. Сондықтан белгілі бір жағдайларда заттың магнит өрісінен өту жылдамдығының қажетті шамасы тәжірибе арқылы анықталуы керек.

Магнитті байыту процесінің барлық түрінде бөлу процесіне өте нұқсан келтіретін жай – оның құрамындағы аса ұнтақ бөлігі. Сондықтан құрғақ байыту алдында кен шаңнан, ал суда бөлгенде шламды бөліктен міндетті түрде тазалануы керек.

Кейбір минералдардың магниттік қасиеті әртүрлі температурада белгілі шекералықта өзгереді. Ал біраз минералдарды арнаулы жағдайда өңдеу нәтижесінде магниттік қасиеті басқаша минералдарға айналдыруға болады. Сондайлардың бірі темір минералы гематит (Fe_2O_3) оны жоғары температурада ($600-950\text{ C}^0$) көміртек тотығымен, кокспен не табиғи газбен қосып қыздырса ол магнетитке айналады. Мысалы:

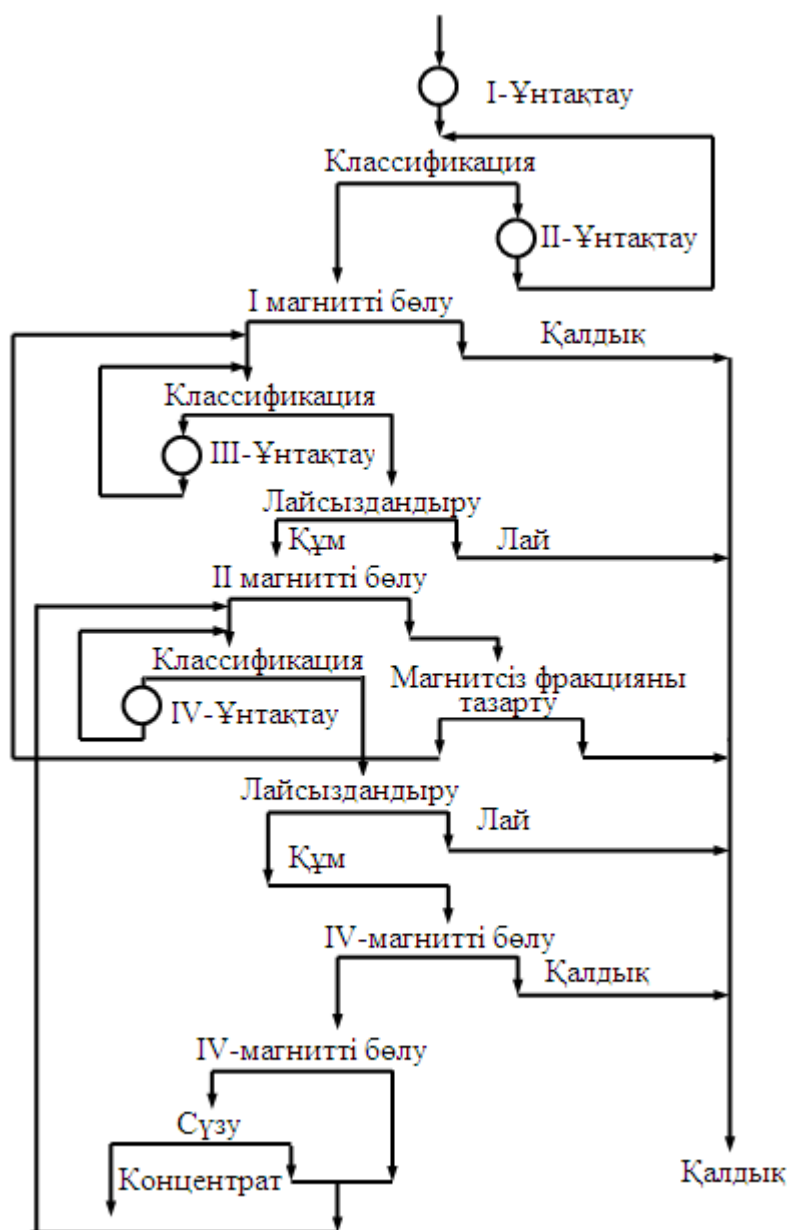


Бұл процес магниттеу қыздыру деп аталады. Бірақ процес қымбаттығына қарай сирек қолданылады.

9.4 Магнитті байыту схемалары

Байытылатын кеннің құрамында, сеппелік дәрежесіне және магнитті қасиеттеріне қарай көптеген технологиялық схемалар қолданылады. Егер кен күшті магнитті және ірі сеппелі болса ұсақтау процесінен кейін елеумен ірілік кластарға бөлініп, әр класс жеке құрғақ байытылады. Сеппелік дәрежесінің бір келкілігіне қарай сатылай байыту схемалары жиі қолданылады. Бағалы зат минералдарының тығыздығы жоғары болса магнитті әдіспен қатар гравитациялық әдісте қолданылады. Егер кенде бағалы зат минералдары әртүрлі сеппелі дәрежеде болса, магнитті және флотациялау әдістерінің комбинациясы қолданылады.

84–суретте ұсақ сеппелі магнетит кенін байыту схемасы келтірілген.

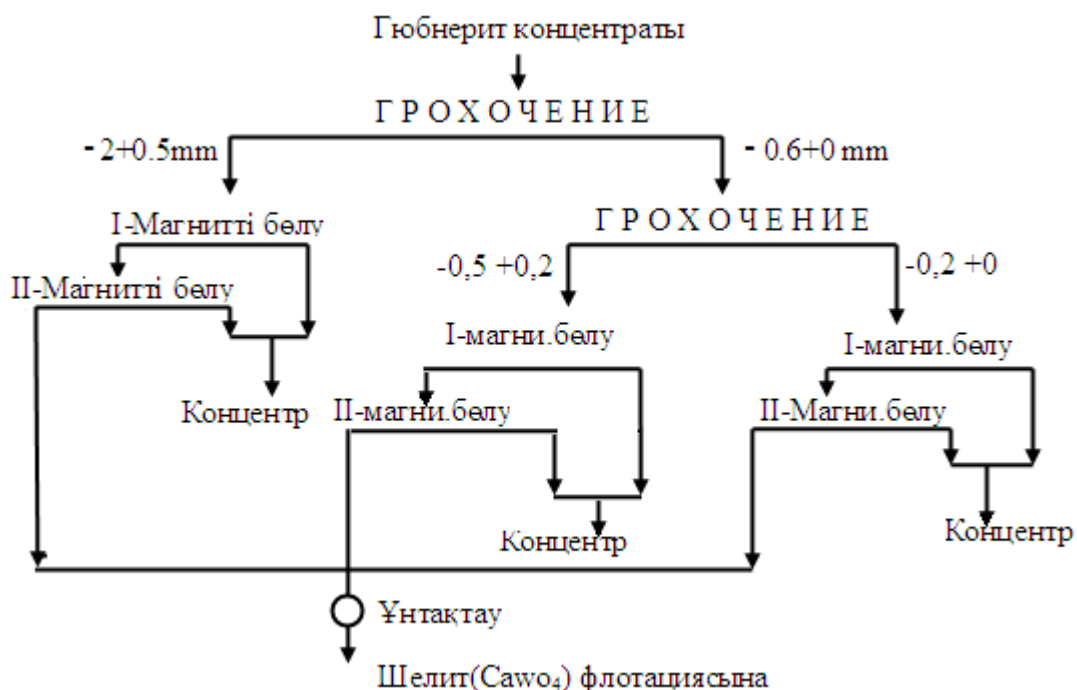


84–сурет. Үш сатылы ұсақ сеппелі магнетит кенін байыту схемасы

Кен үш сатылы байытудан өтеді. Екінші және үшінші ұнтақтау сатысынан кейін кеннен шламды зат лай түрінде бөлінеді. Схеманың ерекшелігі сол – сатылай байытуға концентрат түседі.

85–суретте гравитациялық әдіспен алынған құрамында шеелит (СаWO_4) және гюбнерит концентратынан алдымен магнитті байыту әдісімен гюбнерит концентраты бөлінеді де оның қалдығы қосымша ұтақтаудан кейін шеелитті *флотациялауға* түседі.

Сол сияқты сирек кездесетін металл кендерінен гравитациялық әдіспен алынатын кейбір коллективті концентраттар соңынан магнитті және электрлі байыту әдістерімен жеке концентраттарға бөлінеді.



85–сурет. Гравитациялық әдіспен алынған концентратты магниттік және флотациялау әдістерімен бөлу схемасы

Көптеген кен түрлері тек әртүрлі байыту әдістерінің комбинацияларын қолдану арқылы ғана тиімді және комплексті пайдаланыады.

10 Электрлік байыту әдісі

10.1 Электрлік байытудың физикалық негізі

Электрлік әдіспен байыту минералдардың электрлі қасиеттеріндегі айырмашылыққа байланысты электр өрісінде олардың қозғалу траекторияларының өзгеруіне негізделген.

Минералдарды электрлік қасиеттеріне олардың ток өткізгіштіктері, диэлектрлік өтімділігі, үйкелуде электрленуі және тағы кейбірі жатады.

Минералды бұл әдіспен бөлудің басты шарты – олардың түйіршіктерінің бетінде оң не теріс зарядты болуы қажет. Зарядталған түйіршік электрод бетімен түйіскенде өз ара әрекеттеседі. Әрекет күші (F), белгілі Кулон заңымен анықталады:

$$F = k \cdot e_1 \cdot e_2 / r$$

мұнда, k – пропорционал коэффициенті, ол ортаның диэлектрлік өтімділігіне байланысты, $k=1/E$ (E – диэлектрлік өтімділік);

e_1 және e_2 – әрекеттенуші екі нүктелік зарядтары;

r – екі нүкте арасындағы қашықтық.

Электр өрісінің кернеуімен E оның әрекет күші F арасындағы қатынасына формуламен сипатталады:

$$F = E \cdot e$$

Бұл формуладан неғұрлым заряд шамасы және өріс кернеуі жоғары болса, солғұрлым заряды денеге әрекет ететін күште өсетіні көрінеді.

Минерал түйіршіктері әртүрлі әдістермен зарядталуы мүмкін: зарядты электрод бетімен түйістіру, коронды разряды өрісінде ионизациялану, үйкелумен электрлендіру, иондардың адсорбциялануы және тағы басқа әрекеттер арқылы.

Қазіргі кезде қолданылатын аппараттарда зарядталған минерал түйіршіктері зарядты электрод (көбінде барабан пішінді) бетімен әрекеттеседі. Ток өткізгіш түйіршіктер электрод зарядін қабылдап, өзара тебіседі де, өткізгіш қасиеті жоқ түйіршіктер зарядін өзгертпей барабан бетінен өз салмағымен құлайды не аз күшпен оған тартылады.

Бұл процесте электр өріс әрекетінің күшімен басқа түйіршіктерге салмақ күш, ортадан тепкіш күш және ортаның кедергі күштері әсер етеді. Түйіршіктердің электрод бетінен тебілуі не тартылуы электр өріс күші және келтірілген механикалық күштердің ара қатынасына байланысты. Электр өріс күші кернеу және заряд шамасымен анықталса, басқаларын реттеу үшін байытылатын зат арнаулы дайындау процестерінен өткізілуі қажет.

Салмақ күшін электрлі күш шамасынан барынша төмендету мақсатымен процеске түсетін зат түйіршіктерінің ірілігі әдетте 3мм-ден аспайды. Ортаның кедергі күші негізінде үш фактормен анықталады. Түйіршіктер ірілігінің бір келкілігі, заттың ылғалдығы және шаңдылығы. Осыған байланысты байыту алдында ұнтақталған зат құрғатылады. Ылғалды затта түйіршіктер бір-бірімен жабысып бөліну дәрежесі көп төмендейді. Одан кейін заттан шаң бөлінеді (ол сапасына және құрамына қарай кейін алынатын өнімдердің біреуіне қосылады). Түйіршік іріліктерінің бір келкілігін арттыру мақсатымен шаңнан тазартылған зат ірілік кластарға бөлінеді. Әр класс жеке аппараттарға түседі.

Ортадан тепкіш бөлгіштердің барабандарының айналу жылдамдығы заттың қасиетіне байланысты тәжірибемен анықталады.

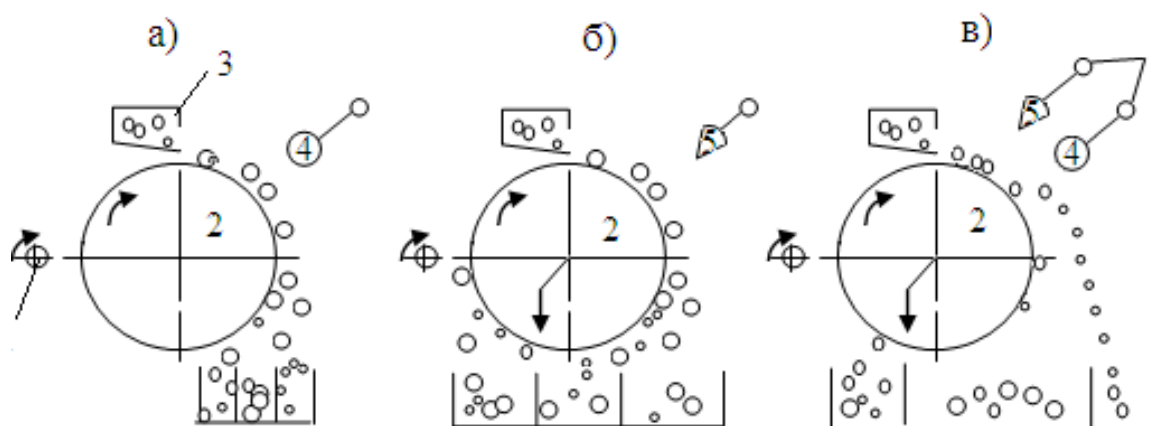
Түйіршіктердің бөлінуіне үлкен әсер ететін тағы бір фактор барабан бетіне түскен зат қабаттың қалыңдығы. Оның шамасы неғұрлым түйіршіктер диаметріне жақын болса, соғұрлым түйіршіктердің бір-біріне кедергісі

төмендейді. Осыған байланысты бастапқы зат барабан үстіне өте біркелкілікпен жұқа қабат жасай түсірілуі керек. Процестің осындай ерекшеліктерінің нәтижесінде қолданатын аппараттардың өнімділігі өте төмен, сондықтан бұл байыту әдісі тікелей кен байытуда өте сирек қолданылады. Негізінде ол сирек кездесетін металдар кендерінен басқа байыту әдістерімен алынған концентраттардың сапасын арттыру, коллективті концентраттарды бөлу мақсаттарымен қолданылады.

10.2 Электрлік бөлгіштер

Өндірісте көп тараған бөлгіштер электрлі, электростатикалық және трибоэлектростатикалық (үйкелумен электрленуге негізделген) бөлгіштер жатады. Барлықтарының конструкцияларының негізі бір.

86–суретте электростатикалық бөлгіштердің үш түрі келтірілген. Олардың негізгі бөлшектері қондырыш электрод (барабан), коронды және ауыттырғыш электродтар.



86–сурет. Электростатикалық (а), коронды (б) және коронды Электростатикалық (в) барабанды электрлі бөлгіштердің схмалы көрінісі: 1–щетка; 2–барабанды электрод; 3–бункер; 4–ауыттырғыш электрод; 5–коронды электрод.

Электростатикалық бөлгіштерде (86–сурет, а) түйіршіктер зарядталған айналмалы барабанды электрод (2) үстіне бункерден (3) түсіріледі. Соның әсерінен түйіршіктер беті зарядталады. Тоқ өткізгіш минерал түйіршіктерінің беттері толық зарядтанады, демек заряд шамасы жоғары болады, ал тоқ өткізгіш қасиеті жоқ минерал түйіршіктерінің тек барабан бетіне тиіскен жері ғана зарядтанады, демек олардың заряді өте әлсіз болады. Жоғары дәрежеде және барабан бетімен аттас зарядтанған түйіршіктер беттен тебіліп ыршып, траекторияларын өзгертіп жеке қабылдағышқа түседі. Заряд әлсіз не зарядталмаған түйіршіктер барабан бетінен өз салмақтарымен құлап басқа қабылдағышқа түседі. Барабан бетіне кездейсоқ жабысып одан айырылмаған

түйіршіктер щеткамен (1) сыпырылады. Өткізгіш қасиеттері бар түйіршіктердің зарядін арттыру мақсатымен барабанның ұзын бойына параллель ауыттырғыш электрод (жіңішке түтік не жуан сым) тартылған (4).

Коронды бөлгіштерде (86–сурет, б) барабан (2) жермен жалғастырылған. Ауыттырғыш электрод орнына коронды электрод (5) орнатылған. Ол жіңішке сымнан не барабан бетіне қараған жағында өткір қыры бар өткізгіштен жасалады. Осы электродқа жоғары кернеулі (20-40 кВ) тоқ беріледі. Соның әсерімен оның айналасындағы кеңістікте коронды заряд басталады. Электрондар әсерімен ауа молекулалары ионданып, олардың концентрациялары белгілі шамаға жеткенде екі электрод арасындағы ортаның кедергісі сәл төмендеп, барабан бетіне бағытталған электрон ағыны туады, демек барабан беті теріс зарядталады. Оң зарядты ауа иондары теріс зарядты коронды электродқа тартылып зарядсызданады.

Минерал түйіршіктері ауа иондарының адсорбциялануы нәтижесінде зарядтанады. Тоқ өткізгіш минералдар түйіршіктері коронды заряд зонасынан шығысымен барабанды электродпен бір аттас зарядтану нәтижесінде оның бетінен тебіледі. Тоқ өткізбейтін түйіршіктер зарядтарын өзгертпей (не өте әлсіз өзгертіп) барабан бетіне тартылу күйде қалып кейінірек құлайды, не щеткамен сыпырылады.

Коронды-электростатикалық бөлгіштердің (86–сурет, в) алдыңғылардан – айырмашылығы сол – оларда коронды және ауыттырғыш электродтар бірдей орнатылған. Соның нәтижесінде электр өрісінің әр келкілігі артады да, тоқ өткізгіш түйіршіктердің барабан бетінен тебіліп ыршыуы ертерек басталады да, ауытқу траекториясы молдау өзгереді.

Трибоэлектростатикалық бөлгіштерде бастапқы зат процеске түсірілу алдында белгілі бір әдіспен интенсивті араластырылады. Сол кезде үйкелу нәтижесінде бір минералдар беті оң, екінші минералдар беті теріс зарядталады. Осыдан кейін зат жермен жалғастырылған барабанды электрод бетіне түседі. Оның бетіне қарсы параллель цилиндрлі теріс зарядталған ауыттырғыш электрод орналасқан. Соның әсерімен зарядті түйіршіктер оған тартыла құлап, траекторияларын өзгертеді. Теріс зарядті түйіршіктер, керісінше, тебілу әсерімен барабан бетіне жабыса құлап басқа қабылдағышқа түседі.

11 Арнаулы байыту әдістері

11.1 Кенді қолмен және механикалық сұрыптау

Қолмен және механикалық сұрыптау минералдардың түстерінің, жылтырлықтарының және кристал пішіндерінің әртүрлілігіне негізделген.

Қолмен сұрыптау тікелей кен қазып алынатын орындарда (шахтыларда және карьерлерде), не арнаулы жабдықты орындарда жүргізілуі мүмкін. Сұрыптау кезінде кен ішінен не бағалы минералдар не тау-жыныс минералдары теріледі. Әдетте қайсысы аз болса, сол теріледі. Әрине, қолмен сұрыптау көп еңбек етуді талап етеді. Сондықтан бұл әдіс өте қажетті

жағдайларда ғана, демек сирек қолданылады. Мысалы, асыл металдар, алмаз кристалдары, кейбір оптикалық қасиеті бар минералдар неғұрлым ірі түрде алынса олардың құны жоғары болады. Олардың ірі кесектері тікелей карьерлерде жарылыстан кейін терілсе, ұсақтау кристалдары байыту фабрикаларында белгілі дәрежеде ұсатудан кейін арнаулы орындарда теріледі. Ол үшін кен аз жылдамдықпен жылжытын тасымалды жалпақ ленталы конвейер үстіне түсіріледі. Жұмысшылар оның екі жағынан қатарға тұрып теріп қабылдағыш ыдыстарға тастап тұрады. Не болмаса кен дөңгелек айналмалы стол үстіне түсіріледі.

Қолмен сұрыптау үшін алынатын кесектердің, біріншіден, салмағы белгілі мөлшерден аспауы керек, екіншіден, көрнекті және теруге қолайлы болу үшін тым ұсақ болмауы қажет. Ол үшін ұсату белгілі бір ірілікке дейін жүргізіліп, одан кейін тым ұсақ болмауы қажет. Ұсақ класс одан әрі ұсақталып не ұнтақталып басқа әдістермен байытылады.

Қолмен сұрыптаудың өнімділігін арттыру үшін оның түс және жылтырлық қасиеттері қабат бетіне арнаулы жарық түрлерін түсірумен күшейтіледі. Мүмкіндігіне қарай қолмен сұрыптау орнына механикалық сұрыптау әдістерін қолдану қажет. Оларға фотометриялық және радиометриялық сұрыптау әдістері жатады.

Фотометриялық сұрыптау минерал бетінің қасиетіне қарай жарықты әртүрлі шағылдыруына негізделген. Ол үшін кен кесектері аз жылдамдықпен жылжытын лента үстіне бір бірлеп түсіріледі. Кен арнаулы оптикалық камера ішінен өткен кезде оған полярланған жарық не рентген сәулелері түсіріледі. Кесек бетінен шағылған шашыранды жарық арнаулы жүйе датчикке түседі. Оның сигналы белгілі жүйе арқылы қуат күшейткішіне беріліп, ақырында пневмоклапан жұмысқа қосылады. Соның әсерінен жылтырлығы ерекше кесек арнаулы қабылдағышқа түседі де, ондай қасиеті жоқ кесектер лента үстінде қалады.

Радиометриялық сұрыптауда минералдардың радиоактивті қасиеттеріндегі айырмашылық пайдаланылады. Датчик радиоактивті сәулелердің әрекетін қабылдайды. Минералдардың бөліну техникасы фотометриялық процеске ұқсас.

11.2 Талғамды ұсату және декрипитация

Минералдар, қаттылығына және тағы кейбір қасиеттеріне байланысты ұсату процесінде әртүрлі дәрежеде ұсатылады не ұнтақталады. Егер минералдардың осы қасиетіндегі айырмашылық үлкен болса, онда ұсатылған кенді тек әртүрлі ірілік класстарға бөлу арқылы негізгі бір минералдардан тұратын өнімдер алуға болады. Осындай әдіспен тиімді бөлінетін қазба байлық түрлеріне көмір, сланец, асбест және тағы кейбірлері жатады. Бұл әдіспен, әрине таза өнім алу өте қиын. Алынған өнімдер басқа әдістермен қосымша тазартылады.

Талғамды ұсатудың бір түрі декрипитация деп кейбір минералдардың қатты қыздырудан кейін тез тоңазтылғанда шытынай жарылуын атайды.

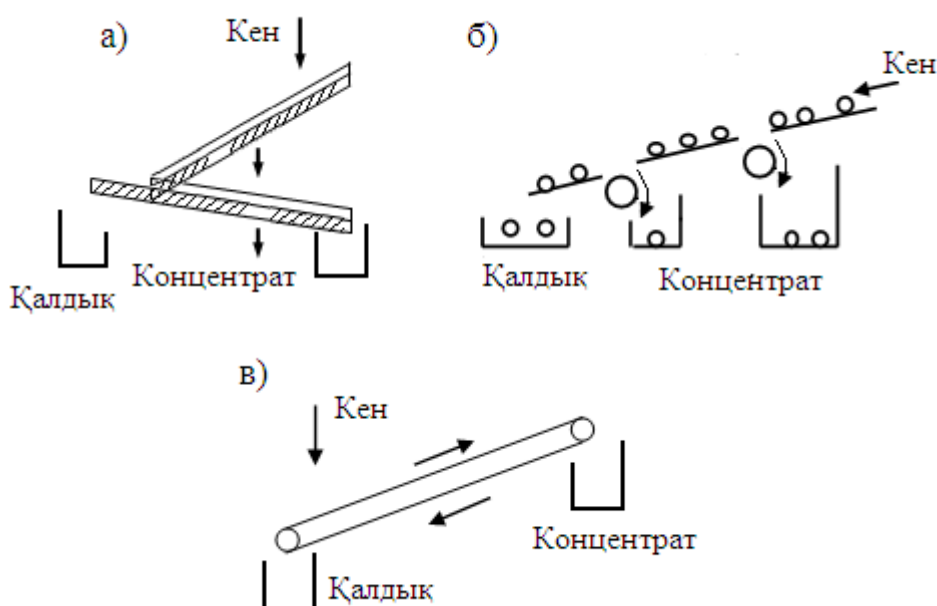
Мұндай қасиет кен құрамындағы минералдардың жылу өткізу және көлемі ұлғаю коэффициенттерінің, кристал құрамындағы судың булану айырмашылықтарының нәтижесінде іш қысымының ұлғаюынан туады. Мұндай қасиет әсіресе қабатты құрылысты кристалл түзетін минералдарда күшті келеді. Шытынай жарылған минералдар ұсату процесінде ұсақ кластарға жиналады. Соған байланысты оларды кеннен елеу арқылы бөліп алуға болады.

11.3 Кенді үйкелу әрекетімен және пішініне қарай байыту

Кен байытудың бұл әдісі жазық бет үстінде үйкелуіне және пішініне қарай минерал түйіршіктерінің әртүрлі жылдамдықпен сырғу қозғалысына негізделген.

Жазық бет үстімен тиісетін түйіршіктердің бет ауданы неғұрлым үлкен болса, соғұрлым олардың өзара үйкеліс күші молаяды. Соның нәтижесінде қозғалысқа кедергі өсіп, оның жылжу (сырғанау) жылдамдығы азаяды. Тиісу бет ауданының үлкен-кішілігі түйіршіктің пішініне тәуелді. Неғұрлым ол жазық бетті не талшықты келсе, соғұрлым тиісу бет ауданы өседі. Ең аз ауданымен тиісетіндер домалақ түйіршіктер. Бұлармен қатар, әрине қозғалу жылдамдығына түйіршіктердің ірілігі, ылғалдығы және жазық беттің қозғалу сыйпатына көп әсер етеді.

Жазық бет үстінде қозғалу жылдамдығына қарай сол бет үстінен құлап түсу траекториясы әртүрлі болады. Үлкен жылдамдықты түйіршіктер ыршый құлап параболалы траектория жасаса, аз жылдамдықтылары тік құлайды. Өндірісте бұл әдіспен байытуға әртүрлі конструкциялық бөлгіштер қолданылады.



87–сурет. Байыту үйеліске негізделген жазықты (а), сырғытқыш барабанды (б) және ленталы (в) бөлгіштер.

Олардың кейбірінде кен түсетін бет қозғалмайды (көлбеу жазық бетті және винтті бөлгіштер), ал кейбірі қозғалмалы бетті (барабанды, ленталы, дискалы, тербелісті бөлгіштер). Кейбірінің схемалы көрінісі 80-суретте келтірілген. Жазықтықты бөлгіштерде (87-сурет, а) кеннің белгілі ірілікті класы көлбеу бет үстіне түседі. Жалпақша пішінді минерал түйіршіктері беттің төменгі шетіне жақын жасалған жырыққа түсіп бөлінеді. Домалақша келетін тау-жыныс минерал кесектері екпінімен қозғалып тесікке түспей беттің төменгі шетінен жазықты бөлгіштерден шығады. Бөліну дәрежесін арттыру үшін кен бірнеше жазықты бөлгіштерден өткізілуі мүмкін. Жазық бетті барабанды бөлгіштердің (87-сурет, б) алдыңғыдан айырмашылығы екі жырықты және әр жырық астына оған түскен минералдың шығуын жылдамдату үшін айналмалы барабандар орнатылған. Ленталы бөлгіштер (87-сурет, в) көлбеу орнатылған жоғары бағытта ақырын қозғалатын лентадан тұрады. Кен лентаның төменгі шетіне жақын жерге түсіріледі. Үйкелу коэффициенттері аз минерал түйіршіктері төмен бағытта домалап кетеді де, үйкелу коэффициенті түйіршіктер лентаның бетінде қалып, бірге дылжып оның жоғары шетінен шығады. Бұл әдіс негізінде слюда және асбест кендерін байытуға қолданылады.

12 Байыту өнімдерін сусыздандыру

12.1 Өнімдерді сусыздандырудың қажеті

Пайдалы казбалардың көбі сулы ортада байытылады. Олардың қасиеттерімен байланысты қолданылатын байыту процестерінің түріне қарай байыту фабрикаларында кеннің әр тоннасына 3-15 м³ су шығындалады. Флотациялық фабрикаларда судың дені ұнтақтау және классификациялау процесіне, аздап флотация процестерінде көбікті өнімді науаға ағызыуға пайдаланылады. Бұл фабрикаларда орташа шығын 3-6 м³. Гравитациялық фабрикаларда судың негізгі байыту процестерінде шығындалады. Оларда шығын 5-15 м³ мөлшерінде.

Пайдаланылған су ақырында алынған өнімдермен бірге шығады. Өнімдерден суды бөлудің қажеттілігі әр түрлі талаптарға байланысты. Концентраттарда судың процестік үлесі 5-60 %, ал қалдықтарда 15-85 % аралықта өзгеріледі.

Концентраттардан суды бөлудің қажеттілігі көп талаптармен байланысты. Metallургиялық өңдеу алдында оның құрамындағы судың проценттік үлесі белгілі мөлшерден, мысалы 2-15%-тен аспауы керек. Концентраттар көпшілік жағдайда байыту фабрикаларынан алыстау орналасқан metallургиялық заводтарға тасылады. Оның құрамында су көбейген сайын тасымал жабдықтардың көлемі және басқа шығындар өседі. Ауа-райы қыста қатал аймақтарда концентраттар үлкен кесек күйде қатып, тасмал жабдықтардан (вагон және кузов іштерінен) түсіру қыйындайды және ұсатуды қажет етеді.

Қалдық арнаулы орындарда (хвостохранилище) жыйналып сақталуы керек. Ол үшін суды бөліп алу қажет. Пайдаланатын су негізі қалдықтан бөлінеді. Оның ішінде байыту кезінде қолданылатын көптеген химиялық заттар лай түрінде қатты заттарда қалады. Егер бұл су табиғи су орындарына түсірілсе улы заттардан тазарту қажет. Көпшілік аймақтарда табиғи су қорының тапшылығынан байыту фабрикаларында су жетіспейді. Сол үшін өнімдерден, әсіресе қалдықтан, бөлінген суды қайта пайдалану өте қажетті мәселенің бірі. Онда оны толық тазаламауға болады. Міне, осы жайлардан өнімдерден суды мұқият түрде бөлудің маңызын айқын көруге болады. Осыған байланысты барлық байыту фабрикаларында міндетті түрде сусыздандыру процестері жүргізіледі. Олар өнімдегі судың түріне қарай, заттың ірілігіне және судың үлесіне қарай таңдалынып қолданылады.

Су төмендегідей түрлерде кездеседі:

а) Гравитациялық не бос су. Ол қатты затпен байланыспай, түйіршіктердің (кесектердің) арасында бос болады;

б) Капиллярлы су. Қатты заттың жарықшақтарында капилляр қысымымен ұсталады. Зат неғұрлым кеуекті болса, солғұрлым бұл су үлесі жоғары болады;

в) Адсорбцияланған су. Қатты зат бетімен су молекулалары физикалық күштер әсерімен байланысқа түсіп су қабатын түзеді;

г) Кристалданған не химиялық су. Су молекулалары зат атомдарымен химиялық байланысқа түсіп кристалдық тор құрамына кіреді. Бұл су түрін бөлу үшін затты жоғары температурада (300°дан жоғары) қыздыру қажет.

Ең оңай бөлінетін гравитациялық су. Адсорбцияланған су ауада құрғатумен бөлінсе, капиллярлы су заттың қасиетіне қарай кейде аз дәрежеде қыздырумен ғана бөлінеді. Байыту фабрикаларында өнімдерден осы су түрлері бөлінеді.

Судың бөлінуіне өте жоғары әсер ететін фактор— зат түйіршіктерінің (кесектерінің) ірілігі: неғұрлым ірілік артқан сайын, солғұрлым тез бөлінеді. Ірілік 1-5 мм не одан жоғары болса сусыздандыру оңай жүргізіледі. Мұндай заттарға гравитациялық, кейде магнитті әдістермен алынған концентраттар жатады. Ірілік 0,2-0,1 мм-ден кемісе (флотациялық концентраттар) сусыздандыру қыйындайды.

Заттың ірілігіне қарай қолданылатын сусыздандыру процестерінің түрлері: дренаж, центрифугалау, қойылдыру, сүзу және құрғату. Көпшілік жағдайда сусыздандыру бірнеше процестерді қолданумен ғана жүзеге асырылады. Мысалы, түйіршікті не кесекті заттарға дренаж ғана қолданылса, флотациялық концентраттарға кезектесе қойылдыру, сүзу және құрғату процестері қолданылады.

12.2 Дренаждау

Дренаждау әдісінде су қатты зат түйіршіктерінің арасымен өз салмағымен ағып бөлінеді. Процесс сусыздандыру бункерлерінде,

елеуіштерде, шөмішті элеваторларда, спиральді классификаторларда және центрифугаларда жүргізіледі.

Сусыздандыру бункерлері бет жағы төрт бұрышты, түбі пирамидальді пішінді темір бетоннан құйылған бірнеше бөлімшелерден тұрады. Бөлімше түптеріне тор орнатылған. Тор тесіктерінің диаметрі оған салынатын зат кесектерінің ірілігінен көп кіші болуы керек. Кесектер тор бетінде қалады да, су зат қабатында сүзіліп, ақырында тесіктен ағып бөлінеді.

Сусыздандыру уақыты заттың ірілігіне байланысты. Бункерлер көбінде ірі класты көмірді, темір концентраттарын сусыздандырғанда және тағы кейбір жағдайларда пайдаланылады.

Сусыздандырғыш елеуіштер көбінде орта ірілікті заттарға қолданылады. Осы мақсатпен жиі қолданылатындарды дірілдеуік және екпінді елегіштер. Оларда тор тесігі жалпақтығы 0,25; 0,5; 0,75 және 1 мм жырық түрінде жасалған. Яғни елеуіштерде ірілігі 1мм–ден артық зат сусыздандырылады.

Шөмішті элеваторлар көбінде отсадкалау машиналарынан шығатын ауыр фракцияны сусыздандыруға қолданылады. Қабырғалары және түбтері тесікті шөміштер екі қатар көлбеу орналасқан айналмалы шынжырларға ілінген. Шөміш камерадағы су деңгейінен жоғары көтерілген де ішінде қатты зат қалып су ағып кетеді. Одан кейін шөміш төңкеріліп зат ленталы конвейерге түседі.

Сусыздандырғыш спиральді классификаторларда айналу жылдамдығы аз болады да, көлбеулігі ұнтақтау циклінде қолданылатын классификаторлардан артық болады. Құмды заттан су төмен бағытта ағып бөлінеді.

Бұл аппарат пульпадан ұсақ ұнтақталған затты бөлу қажеті болғанда қолданылады. Бөлінген суда заттың өте ұнтақталған бөлегі қалып қояды. Оны қосымша бөлу үшін ағызынды қойылдырғыштарға түсіріледі.

Осындай мақсатпен конусты классификаторларда қолданылады.

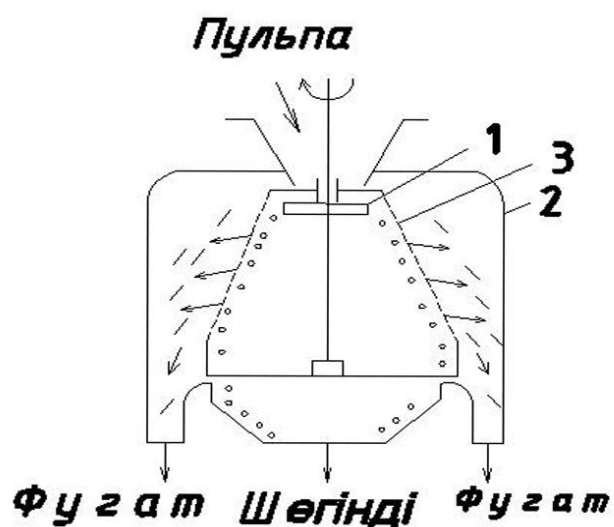
12.3 Центрифугалау

Центрифугалауда су ортадан тепкіш күш әсерімен бөлінеді. Бұл аппараттар негізінде ұсақ класты көмір концентраттарын сусыздандыруға қолданылады. Олар сүзуші және шөктіруші центрифугаларға бөлінеді.

Сүзуші центрифигуралар (88–сурет). Корпус (2) ішіне тік орнатылған валға (4) конусты ротор (3) бекітілген. Ротор беті жырықша тесікті тормен қапталған. Тесік жалпақтығы 0,25-0,5 мм. Ротор минутіне 400-600 айналым жасайды.

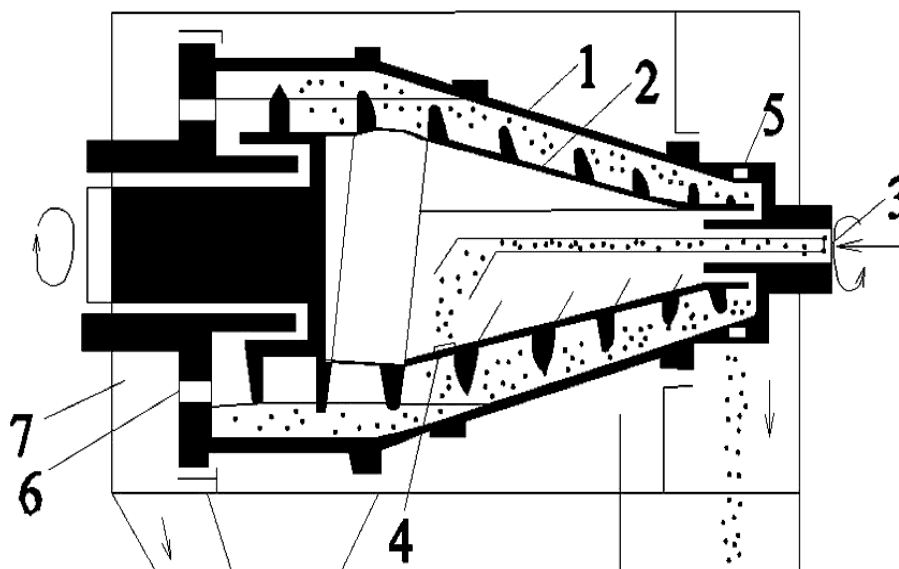
Пульпа валға орнатылған дисқаға (1) түсіріледі. Ол түскен пульпаны ортадан тепкіш түш әсерінен айналдыра біркелкі ротордың ішкі бетіне шашады. Су ротор бетіндегі түйіршіктер қабатынан сүзіле өтіп тесіктерден шығып бөлінеді. Зат қабаты сырғып ротордың төменгі шетінен шығады.

Бұл аппараттың бірнеше түрі бар (дірілдеуік роторлы, тік және горизонталь роторлы, шнекті центрифугалар). Оларда орташа 0,5-1,0мм ірілікті зат сусыздандырылады.



88-сурет. Сүзгіш центрифуганың схемалық көрінісі:
1-диск; 2-корпус; 3-ротор.

Шөктіруші центрифуга (89-сурет) ұнтақтығы 1 мм-ден аз затқа қолданылады.



89-сурет. Шнекті шөгілдіргіш центрифуганың схемалық көрінісі:
1-конусты ротор; 2-шнек; 3-труба; 4, 5, 6-шығару тесіктері;
7-ағызынды камерасы.

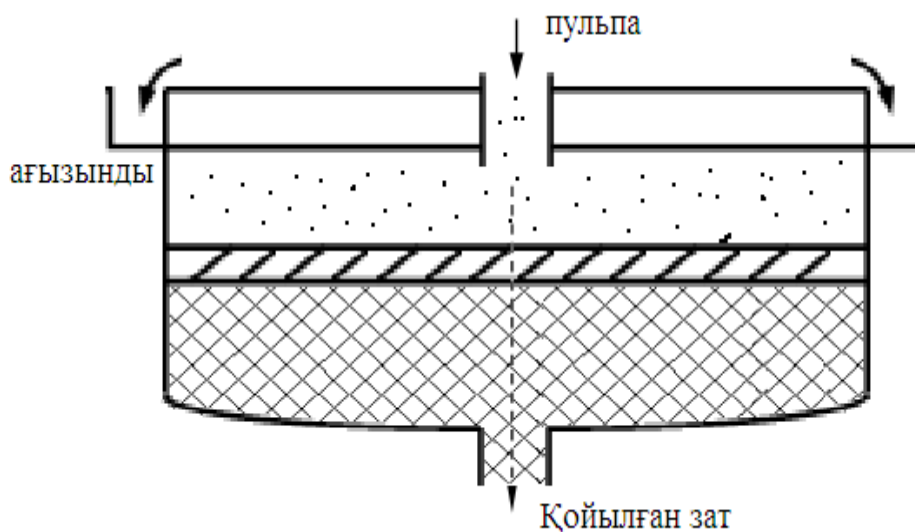
Конусты ротор (1) ішіне шнек (2) орналасқан. Бастапқы пульпа шнек ішіне труба (3) арқылы түседі де, тесік (4) арқылы ротормен шнек аралығында шығады. Ортадан тепкіш күш әсерімен түйіршіктер ротордың ішкі қабырғасына шөктіріледі. Шөгінді кабат шнек спиральмен жылжып ротордың жіңішке басындағы тесік (5) арқылы шығады. Шөгіндінің үстіндегі су қабаты ротор түбіндегі тесіктен (6) өтіп ағызындыға арналған камераға (7) шығады. Центрифугаларда бөлінетін ағызынды су *фугат* деп, ал сусызданған зат *шөгінді* деп аталады.

12.4 Қойылдыру

Ірілігі 0,5 мм-ден артпайтын ұнтақты зат (мысалы, флотациялық концентраттар) судан қойылдыру процесімен бөлінеді. Бұл процесс суда қатты зат түйіршіктері өз салмағымен шөгуіне негізделген. Қолданылатын аппараттар **қойылдырғыштар** деп аталады. Олар диаметрлері 2,5-150 м аралығында металдан (егер диаметрі кіші болса) не бетоннан кұйылған чан түрінде жасалады. Пульпа чанның ортасына трубамен түсіріледі. Оның төменгі шеті чанның жоғарғы ернеуінен төмен орналасады.

Шөгу процесінде бірнеше зоналар пайда болады. Ең беткі кабат мөлдірленген судан тұрады. Оның астындағы кабат тығыздығы бастапқы пульпа –тығыздығына жақын. Одан көйін екі аралықты кабат, ал астында тығыз шөгілген кабат орналасада (90–сурет).

Қойылдырғышқа пульпа үздіксіз түседі. Соған байланысты мөлдірленген сумен шөгінді де үздіксіз шығарылып бөлінеді. Мөлдірленген су чанның үстіндегі ернеуінен асып, шеңбер бойымен орналасқан науаға төгіледі де, одан әрі трубаға түседі. Бастапқы пульпа түсетін трубаның төменгі шеті мөлдір су қабатының астына жететіндіктен тазаланған су лайланбайды.



90–сурет. Цилиндрлі қойылдырғышта түйіршіктердің шөгілу зоналары

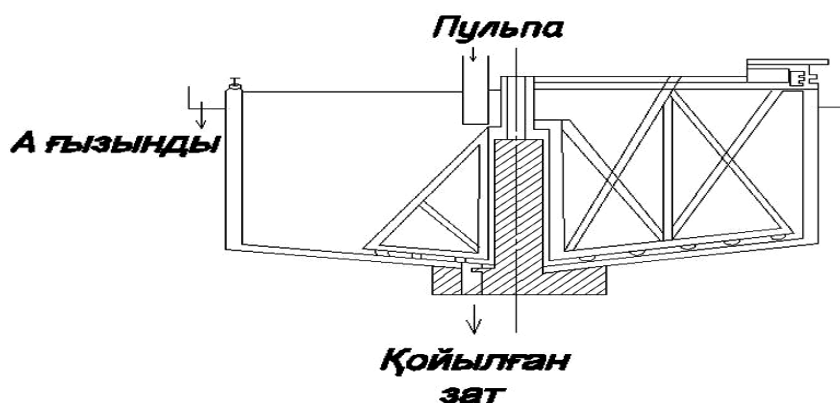
Шөгінді көлбеу жасалған чан түбінің ортасындағы тесіктен шығады. Ол үшін тығыз шөгінді кабат чанның түбін қыра айналып қозғалатын арнаулы қондырғымен (сыдырғыш) орталық тесікке жеткізіліп отырады. Сыдырғыш рамаға бекітілген, ал рама айналмалы қозғалысты электродвигательден алады. Электродвигатель чанның ортасына орналасса қойылдырғыш **орталық қозғалтқышты** деп аталады. Үлкен диаметрлі қойылдырғыштарда чанның жоғарғы ернеуі үстіне шеңбер бойымен монорельс орнатылған. Электродвигатель соның бойымен жүретін кареткаға орнатылған. Рама осы кареткаға бекітілген. Бұл қойылдырғыш **шетті қозғалысты** деп аталады (91–сурет).

Шөгілу процесіне көптеген факторлар әсер етеді. Олардың ең бастысы заттың ірілігі. Ірі түйіршіктердің шөгу жылдамдығы жоғары. Ұнтақтық артқан сайын (әсіресе 0,02 мм-ден төмендесе) шөгу жылдамдығы өте азаяды. Осыған байланысты олар сумен бірге шығып жоғалуы мүмкін.

Олардың шөгілуін жылдамдату үшін тәжірибеде әртүрлі әдістер қолданылады. Олардың бастылары пульпаны флокуляциялау және коагуляциялау.

Флокуляция деп ұнтақ түйіршіктерді жоғары молекулалы органикалық қосылыстармен өңдеу арқылы біріктіріп ірілеуді айтады.

Коагуляцияда соған ұқсас, бірақ сол мақсатпен пульпа аноорганикалық күшті электролиттермен өңделеді.



91–сурет. Шеткі қозғалтқышты цилиндрлі қойылдырғыштың схемалы көрінісі

Процеске неғұрлым тығыздығы аз пульпа түссе шөгу тымділігі соғұрлым төмендейді. Кейбір жағдайда пульпа қойылдырғыштарда емес **шлам тұндырғыштарға** түсіріледі (мысалы көмір байыту фабрикаларында). Олар төрт бұрышты бассейін түрінде жасалады. Пульпа оларда ұзақ уақыт тұрып тұнады.

Қойылдыру мақсатымен қойылған талапқа сай басқа аппараттарда (гидроциклондар және басқалары) қолданылады. Флотациялық байыту

фабрикаларында сусыздандырудың бірінші сатысы ретінде қойылдыру ғана қолданылады.

Чанды қойылдырғыштардың қажетті диаметрін табу үшін тәжірибеде алынған үлесті өнімділікті (т/м) білу қажет. Соны пайдаланып чанның жалпы аудан көлемі есептеледі де диаметрі табылады.

12.5 Сүзу

Сүзу деп қатты заттан суды ұсақ саңлаулы (кеуікті) қалқадан өткізу арқылы бөлуді атайды. Бөлініп алынған су *фильтрат* деп, қалқа бетіне жабысып қалған зат *кек* деп аталады.

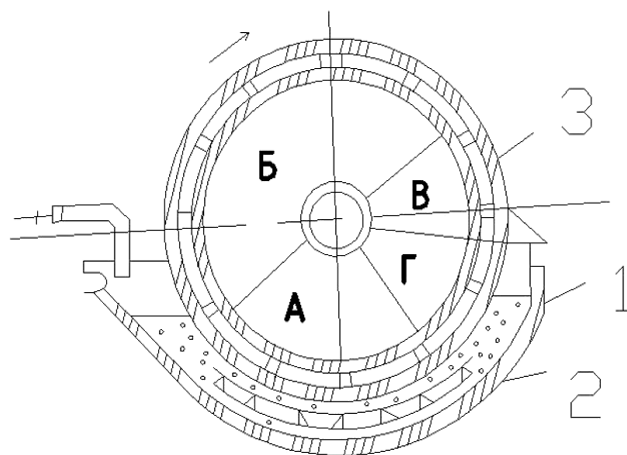
Судың қалқадан өтуін жлдамдату үшін қалқаның екі жағында қысым айырмашылығы тудырылады. Бірінші әдіс: қалқаның бір жағында ауа қысымы төмендетіледі (вакуум), екінші жағында атмосфералық қысым сақталады. Екінші әдіс: қалқаның бір жағында атмосфералық қысымнан артық қысым тудырылады.

Ұсақ саңлаулы қалқа ретінде әртүрлі табиғи маталар, синтетикалық маталар не металды сеткалар қолданылады.

Сүзуге қолданылатын аппараттарды сузгіштер деп атайды. Байыту фабрикаларында барабанды, дискалы және сирек ленталы **вакуум-сүзгіштер** қолданылады. Артық қысыммен істейтін сузгіштер **пресс-сүзгіштер** деп аталады.

Барабанды вакуум-сүзгіштер сыртқы сүзу бетті және ішкі сүзу бетті болып бөлінеді. Көбінде біріншілері қолданылады (92–сурет).

Пульпа жартылай ойыңқы ваннаға (1) түседі. ол ванна түбіне жақын қозғалтқыш қондырғы мен (2) араластырылып, науа ішіне батырыңқы барабан (3) орналасқан. Барабан үстінде оның ұзын бойына қырлар орнатылған. Сол қырларды орай ірі тесікті тор, ал тор үстіне сүзгіш мата тартылған.



92–сурет. Барабанды сүзгіштің схемасы.
1–ванна; 2–араластырғыш; 3–барабан.

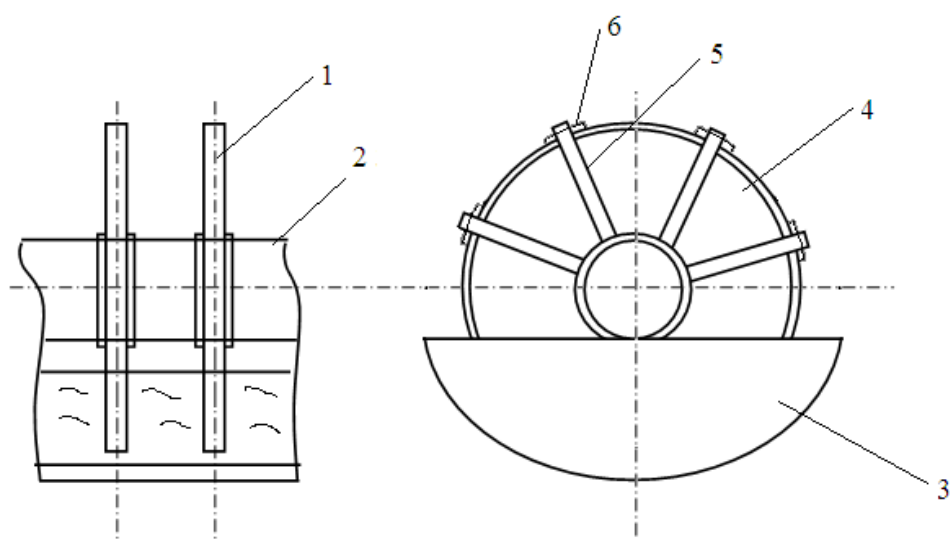
Екі қыр аралары бір бірімен қатысы жоқ камералар құрайды. Әр камера барабан бетіндегі тесік және түтік арқылы орталық вал ұшына орнатылған ауаның қысымымен берілуін не сорылуын реттейтін қондырғымен жалғасқан. Барабан айналғанда (92–сурет) әр камера вакуум және қысым зонасынан өтеді. А және Б секторлары ауа айдағышпен жалғасқан, А секторында камераларда вакуум әсерімен пульпа мата бетіне тартылып, қатты зат шөгіп, су өтіп, түтікпен орталық трубаға түсіп, одан әрі вакуум насостың рессиверіне (су жыйнағыш) түседі. Б секторында вакуум әсерімен шөгіндіде қалған су тартылып, сусыздануы арта түседі. В зонасында камераларға қысым беріледі. Соның әсерінен шөгінді мата бетіндегі қопсып босайды да, сыдырғыш пластинкамен бөліп алынады. Г секторында қысым күшімен мата тесіктері жабысқан заттан тазаланады.

Ішкі сүзу бетті барабанды сүзгіштерде сүзгіш мата барабанның ішкі қабырғасына орнатылған. Пульпа тікелей барабан ішіне түседі.

Дискалы вакуум-сүзгіштердің жұмыс принципі барабанды сүзгіш жұмысына ұқсас. Іші қуыс (каналды) (2) валға сүзгіш дискалар (1) орнатылған (93–сурет).

Дискалардың төменгі жартысы ваннаға (3) орналасқан. Әр диска іші қуыс (12) сектордан (4) құралған. Әр сектор беті сүзгіш матамен қапталған және спицті (5) басқышпен (6) валға бекітілген. Вал ішінде каналдар бар. Олардан вакуум зонасында ауа сорылады, ал қысым зонасына ауа қысыммен түседі. Демек, секторлар дисканың бір айналымында вакуум және қысым зоналарынан өтеді.

Сүзіліп өткен су (фильтрат) қысым және вакуумды реттегіш қондырғыға түсіп, одан әрі вакуум – насосының рессиверіне түседі, ал мата бетіндегі шөгінді қысым күшімен қопсығаннан кейін сыпырғыш пластинамен бөлінеді.



93–сурет. Дискалы сүзгіштің схемалы көрінісі: 1–дискалар; 2–қуыс вал; 3–ванна; 4–сектор; 5–спиц; 6–бекіткіш.

Дискалы сүзгіштерде диска саны (6) не одан көп болады. Олардың барабанды сүзгіштерден артықшылығы сол-сүзгіш бет аудандары көп артық және одан аз орын алады. Бірақ алынатын кектің ылғалдылығы 1-2 % жоғары болады.

Кейінгі кезде тез шөгетін ірі түйіршікті суспензияны сүзу үшін ленталы вакуум-фильтрлер қолданыла бастады. Ол ленталы конвейерге ұқсас ірі тесікті лента беті сүзгіш матамен қапталған. Суспензия лента бетіне түседі. Вакуум камерасы лента астына орналасқан.

Пресс-сүзгіштер негізінде аз шығымды суспензиялар үшін қолданылады. Соған байланысты байыту фабрикаларында көп тараған жоқ.

Сүзу процесін жүргізгенде қосалқы жабдықтар ретінде әр түрлі типті вакуум-насосстар (поршеньді және ротационды), ауа айдағыштар (трубо және ротационды) рессиверлер және басқалары қолданылады. Сүзгіштерде вакуум шамасы 53,2-86,4 кПа, ал қысым шамасы 40-70 кПа болады.

Олардың өнімділігі үлесті өнімділікпен және сүзгіш бет ауданымен анықталады. Үлесті өнімділікке бір сыпыра факторлар әсер етеді. Олардың ең бастысы заттың ірілігі: неғұрлым ірі түйіршікті болса, соғұрлым сүзу өнімді болады да, кектің ылғалдылығы төмендейді.

12.6 Құрғату

Құрғату процесінде сусыздандыру жылу энергиясымен суды буға айналдыру арқылы жүргізіледі.

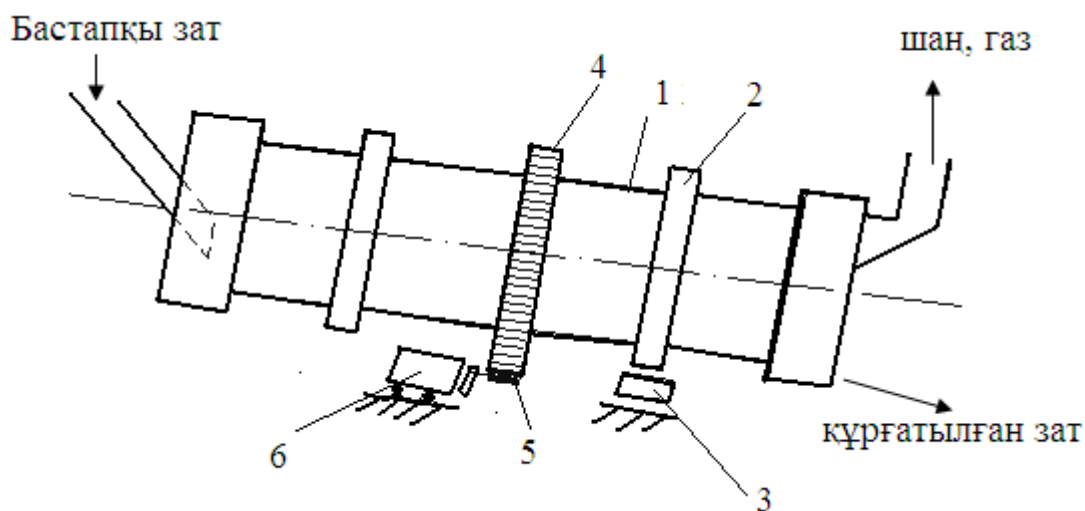
Қойылдыру және сүзу процестерімен салыстырғанда құрғату процесі қымбат тұрады. Сондықтан ол сүзуден кейін заттың ылғалдығы қажетті мөлшерге жетпегенде ғана қолданылады. Құрғатуға тек концентраттар ғана түседі. Жылу энергиясының көзі ретінде табиғи газ, мазут не көмір шаңы қолданылады. Жалпы құрғатқыш түрлері көп.

Барабанды құратқыш (94–сурет) көлбеу орналасқан барабаннан (1) тұрады. Ол екі бандажбен (2) тірегіш роликтер (3) үстіне салынған. Оны айналдыру үшін сыртқы бетін орай тісті венец (4) орнатылған. Ол шестерня (5) арқылы электродвигательмен қозғалысқа келтіріледі. Ылғалды зат және жандырғыш камерадан шығатын ыстық газ ағыны барабанның жоғарғы басына түсіріледі. Газ түтін сорғыш-вентилятор күшімен барабан арқылы белгілі бір жылдамдықпен өтеді.

Зат газбен жақсы араласу үшін барабанның ішкі қабырғасына оны жоғары көтеріп шашатын әртүрлі пішінді қондырғылар бекітілген. Барабанның ақырын айналу кезінде зат біртіндеп құрғатылып, жылжып оның төменгі шетінен шығады.

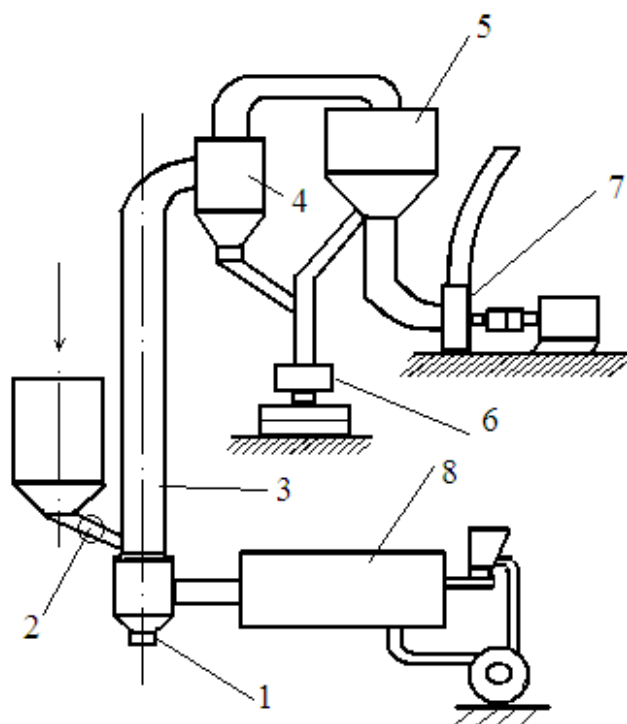
Буға айналған су газбен бірге шығады. Газ ішіне заттың шаңды бөлігіде болады. Сондықтан газ атмосфераға шығарылу алдында міндетті түрде тазалануы қажет: біріншіден атмосфера былғанбауы керек, екіншіден шаңда бағалы заттың үлесі үлкен.

Газдың барабанға түсер алдындағы температурасы кейде 1000°C -дан асады. Ал шығу температурасы $70-150^{\circ}\text{C}$. Барабанның диаметрі $0,5-3,5$ м, ал ұзындығы $2,5-27$ м.



94-сурет. Барабанды құрғатқыштың схемалық көрінісі: 1-барбан; 2-бандаж; 3-ролик; 4-тісті венец; 5-тісті шестерня; 6-электроқозғалтқыш.

Трубалы құрғатқыштар (95-сурет) көмір байыту фабрикаларында кеңінен таралуда.



95-сурет. Трубалы құрғатқыштың схемалық көрінісі: 1-затвор; 2-түсіргіш; 3-труба; 4, 5-циклондар; 6-шөккен шаң шығару қондырғысы; 7-сорғыш; 8-желдеткіш.

Ол тік орналасқан трубадан (3) тұрады. Оған зат бункерден арнаулы түсіргішпен (2) түсіріледі. Оның түпкі шеті ыстық газ шығаратын жандырғыш камералармен (8), ал жоғарғы шеті құрғатылған затты газдан бөлетін циклондармен (4, 5) жалғасады. Оларда шөккен зат арнаулы қондырғы (6) арқылы шығарылады.

Трубаға түскен зат сорғыш – вентилятор (7) күшімен жоғары көтерілу кезінде құрғайды. Газ атмосфераға шығарылу алдында шаң ұстағыш қондырғыдан өтіп тазартылады.

Газ ағынымен көтерілмейетін тым ірі түйіршіктер трубаның түбіне жиналып арнаулы затвор арқылы шығарылады. Трубалы құрғатқыштарға ірілігі 10-15 мм-ден аспайтын зат түседі. Олардың диаметрлері 0,8 -1,5 м, ал биіктігі 15-25 м аралығында өзгереді.

Көмір концентраттарын құрғатуға қайнау қабатты құрғатқыштарда қолданылады. Олардың трубалы құрғатқыштардан негізгі айырмашылығы сол – құрғату камерасына түскен зат газ ағыны күшімен тор үстінде қалқымалы күйде болып құрғайды. Заттың негізгі массасы біртіндеп арнаулы затвор арқылы шығарылады. Газбен бірге шыққан шаң циклондарда ұсталады.

13 Шаңнан тазарту және шаңды ұстау

13.1 Жалпы түсініктер

Шаңнан тазарту қажеттілігі әр түрлі себептерге байланысты. Байыту фабрикаларына түсетін кендердің құрамында оларды қазып алу процесінде, ұсату процестерінде пайда болатын шаң болады. Егер кен ауамен байытуға түсетін болса, ол алдын-ала шаңнан тазартылуы қажет. Бірақ кен ылғалдылығы 3-5 %-дан асса ұнтақты шаң түрінде айыру қиын. Сондықтан кейінгі байыту процесі тек сулы ортада жүргізіледі, ал ұнтақ шлам түрінде бөлінеді.

Шаң бөлу ортадан тепкіш күш пайда болатын камералы, жалюзді және басқа аппараттарда ауа ағыны күшімен жүргізіледі.

Шаң қандай мақсатпен бөлінсе де ол ауамен бірге атмосфераға шығып оны былғамау керек. Сондықтан бөлінген шаң әрдайым ауадан бөлініп ұсталуы қажет. Шаң қандай құрамды болмасын адам организміне өте зиянды. Көпшілігі организмнің әр жеріне жыйналып ауыр ауру түрлеріне шалықтырады.

Шаң кейінгі байыту процестеріне айтарлықтай кемшілік келтірмегеннің өзінде организмге зияны тимес үшін ұсталуы қажет. Байыту фабрикаларында ең көп шаң ұсату және елеу процестерінде, тасушы конвейерлерден екінші бір аппараттарға түскен жерлерде шығады. Сондай жерлері әдетте әртүрлі әдіспен қауыпсыздандырылады. Мысалы, ұсатқыштар үстері, баскада жерлер қалқалармен қоршалынып, шаң сорғыш вентилятормен жалғасады. Одан шыққан шаңды ауа шаң ұстағыштарға түседі.

Құрғату процесінен шығатын шаң тек ауа тазарту үшін ғана емес, онда бағалы зат үлесі жоғары болғандықтан (ол концентратқа бөлінген шаң) шаңды концентратқа қайта қосу үшін ұстатылады.

13.2 Шаңұстағыштар

Шаң ұстау көпшілік жағдайда бірнеше аппараттарды қолдану арқылы жүргізіледі. Әр аппаратта ірілігіне қарай шаңның әр түрлі ірілікті фракциялары ұсталады.

Жұмыс принциптеріне қарай механикалық және электрлік шаң ұстағыштарға бөлінеді. Механикалық шаң ұстағыштарда гравитациялық күш, ортадан тепкіш күш және сүзу қолданылады.

Ірілігі 0,1 мм-ден арттық түйіршіктер ірі шаңға жатады. Олар шөгілдіргіш камераларда және циклондарда ұсталады. 0,1-0,1 мм ірілікті шаң сулы ұстағыштарда, бірнеше сатылы циклондарда, не сүзу арқылы ғана ұсталады. Шаң ірілігі 0,01мм-ден аз болса тек ұсақ саңлаулы матадан жасалған сүзгіштен, электрлі сүзгішпен не сулы ортадан өткізіп ұстауға болады. Ірілік 0,0001 мм-ден төмен болса тек электрлі сүзгіш не сулы ұстағыштарғана қолданылады. Көпшілік жағдайда шаңды ауа алдымен шөгілдіргіш камерадан, одан кейін циклондардан, ақырында не маталы сүзгіштен, не электрлі сүзгіштен, кейде сулы ортадан өткізіледі.

Шөгілдіргіш камераларда ең ірі түйіршіктер шөгеді. Оның көлденең қиық ауданы оған шаңды ауаны түсіретін труба диаметрінен көп үлкен. Соның нәтижесінде ауаның қозғалу жылдамдығы камерада шұғыл төмендейді. Түйіршік салмақ күшімен камера түбіне шөгеді, ал ұнтақ шаңды ауа келесі аппаратқа түседі.

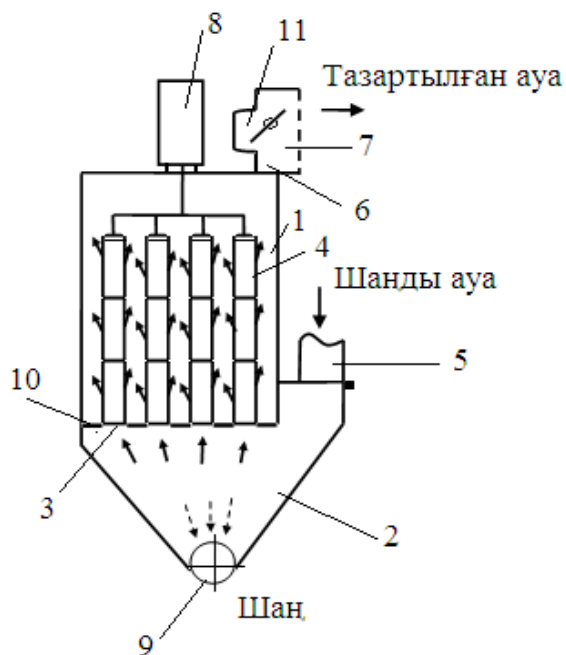
Циклондарда түйіршіктер салмақ әсерімен және ортадан тепкіш күштер әсерімен шөгіледі. Циклон екі бөліктен – цилиндрлі және конустан тұрады. Ауа цилиндрлі бөлікке жанама орнатылған трубамен түседі. Соған байланысты ауа айналмалы қозғалысқа келеді де, түйіршік салмақ және ортадан тепкіш күш әсерімен ішкі қабырға бетіне жабыса жылжып конусты бөлектің түбіне түседі. Ауа цилиндрлі бөлектің беткі қақпағының ортасындағы тесікке орнатылған патрубок арқылы шығарылады.

Циклондарда шөгілдіру тиімділігі оның диаметріне байланысты. Мысалы, диаметр 0,3 метрден 3 метрге дейін өзгереді. Кіші диаметрлі циклондарда шөгу дәрежесі 92-95 % болса, ал үлкен диаметрлерінде ол 60-70 % ғана. Бірақ кіші диаметрлерінің өнімділігі төмен. Сондықтан практикада көбіне кіші диаметрлі көп циклондар қатар қолданылады (батареялі циклондар).

Батареялі циклондар құрамына 8, 12 және одан көп кіші диаметрлі циклондар кіреді. Шаңды ауа барлық циклондарға бөлініп бірдей түседі. Батареядағы циклон саны тазартылатын ауаның көлеміне байланысты анықталады. Барлық циклондар қатар бір қаптама (кожух) ішінде орналасады. Ұсатылған шаң қаптаманың төменгі конусты бункеріне түседі, ал тазаланған ауа оның жоғарғы қақпасындағы тесіктен шығады.

Сүзгіш шаң ұстағыштар да шаңды ауа (газ) сүзгіш қалқандардан өткізіледі. Сүзгі ретінде көптеген ұсақ саңлаулы заттар (мата түрлері, саңлаулы пласмасса, керамика және тағы басқалары) қолданылады. Олар көбінде циклондардан кейін ақырғы тазалау сатысында қойылады. Жиі қолданылатын маталы сүзгіштер жеңді, каркасты кассетті және ұяшықты түрлерге бөлінеді.

Жеңді сүзгіш (96-сурет) тік орналасқан цилиндр не төрт бұрыш пішінді түбі шаң жиналатын бункермен (2) біткен корпуста (1) тұрады. Бункер беті тесікті плитамен (3) жабылған. Тесіктерге патрубоктар (10) орнатылған. Металды сүзгіштер (4) жең пішінді жасалған. Олардың төменгі ашық шеті плата патрубоктарына кигізіліп бекітілген. Жоғарғы тұйық шеттері сілкіндіргіш механизмге (8) ілінген. Шаңды ауа патрубок (5) арқылы бункер кеңістігіне түседі. Корпустағы жоғарғы қақпағына орнатылған патрубок (6) шаң сорғыш винтилятормен жалғасқан. Шаңды ауа жеңді ауа сүзгіш ішімен көтеріледі.



96-сурет. Жеңді шаң сүзгіштің схемалы көрінісі: 1-корпус; 2-бункер; 3-тесікті плата; 4-маталы сүзгіштер; 5-түсіргіш патрубок; 6-сору патрубогі; 7-клапан; 8-сілкіндіргіш; 9-шнек; 10, 11-патрубоктар.

Шаң мата бетінде қалып, тазарған ауа жоғарғы патрубоктан шығады. Белгілі бір уақыт өткенде патрубок клапанмен (7) жабылып, сүзгіштер сілкіндіріледі. Мата бетіндегі шаң бункерге түсіп, шнекпен (9) шығарылады. Сол кезде патрубок (11) арқылы корпус ішіне қарсы бағытта қысыммен ауа беріліп сүзгіш саңлаулары тазаланады.

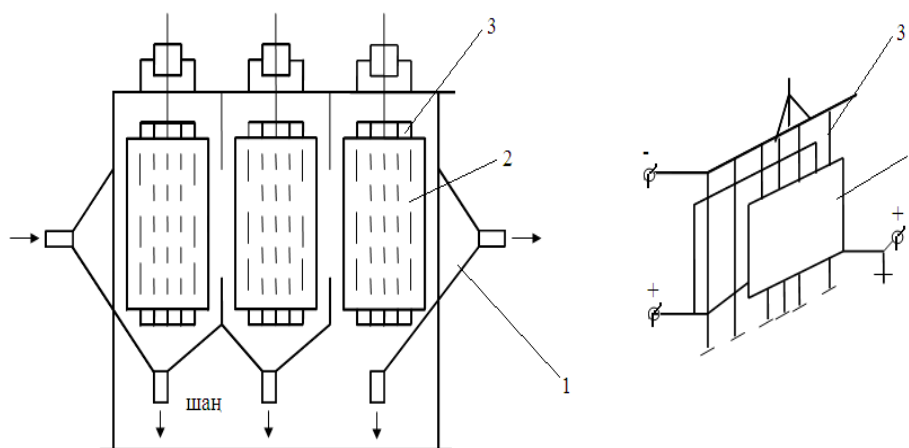
Жеңді сүзгіш ұзындығы 2,2-9 м, ал диаметрлері 150-500 мм аралығында өзгереді.

Маталы сүзгіштер жоғарғы температуралы газдарды тазалауға қолданылмайды

Электросүзгішті шаң ұстағыштар. Оларда шаңды ауа ионизацияланады. Иондардың адсорбциялану нәтижесінде түйіршік беттерінде электр заряды пайда болады. Олар қарама-қарсы зарядтанған электрод бетіне тартылып, артынан сілкіндіру арқылы түсіріліп жиналады. Ауаны ионизациялау оны әрқелкі электр өрісті екі электрод жүйелерінің арасынан өткізу арқылы жүргізіледі. Шөгіндіргіш электрод түріне қарай түтікті және пластинкалы болып бөлінеді.

Пластинкалы электросүзгіште (97–сурет) темірбетоннан не болаттан жасалған камера (1) ішінде пластинкалы шөгіндіргіш (2) электродтар орналасқан. Екі пластина аралығына рамаға жіңішке сымнан жасалған бірнеше коронды электродтар (3) орнатылған.

Оларға жоғары кернеулі (60 мың вольтке дейін) тұрақты тоқ көзі қосылған. Шөгіндіргіш электродтар жермен жалғастырылған. Электродтар айналасында сағым пайда болады да, екі электрод арасында тәжді разряд жүреді. Соның әсерінен ауа молекулалары ионданады да, түйіршік беттері теріс зарядтанып оң зарядты шөгіндіргіш электрод бетіне тартылады. Сілкіндіру кезінде шаң салмағымен камера түбіне түседі. Тазарған ауа сорғыш вентилятордың күшімен камераның екінші шетінен шығады.



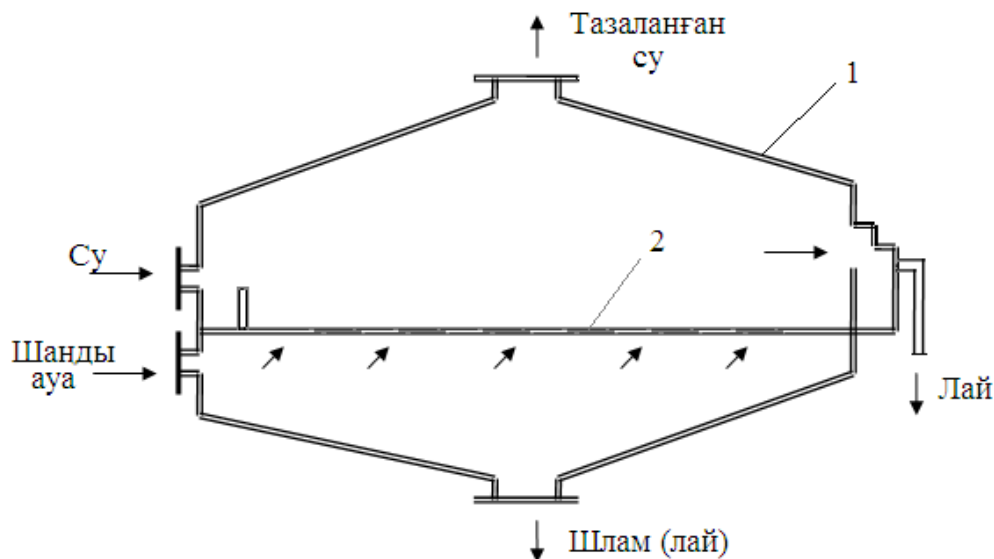
97–сурет. Электро сүзгішті шаң ұстағыштың схемалы көрінісі;
1–камера; 2–пластинкалы шөгіндіргіштер; 3–электродтар.

Бұл сүзгіштерде ауаның ұсталу дәрежесі 99-100 %-ке тең. Тазалану тиімділігі камерадан өту кезінде ауа қысымына тәуелді емес. Бірақ басқа әдістермен салыстырғанда ең жоғары шығынды процесс.

Сулы шаң ұстағыштарда шаңды газ не су қабаты арқылы не су тамшыларымен араластырыла өткізіледі. Суда ұсталған шаң шлам түрінде бөлінеді. Бұл әдіспен ең ұнтақты шаң ұсталады және түсетін газ температурасының еш зияны жоқ.

Бұл шаң ұстағыштарда әр түрлі жұмыс принциптері қолданылады. Соның бірі көбікті шаң ұстағыштың схемалы көрінісі 98-суретте келтірілген.

Көбікті шаң ұстағыш корпусы (1) горизонталь бағытта ұсақ тесікті тормен (2) екіге бөлінген. Шаңды газ корпусының астыңғы бөлігіндегі бүйір қабырғасынан тор астына түсіп, тесіктер арқылы жоғары көтеріледі



98-сурет. Суда шаң ұстағыштың схемалы көрінісі; 1-корпус; 2-тор.

Корпусының үстіңгі бөлігіне тор үстіне су түседі. Оның шығыны тор үстінде қалыңдығы 20-50 мм су қабаты боларлықтай шамада болуы керек. Ол су корпусының екінші жағындағы тесіктен шығады. Одан артығы тор тесіктерінен өтіп, төмен ағады.

Газ ішіндегі шаң төмен аққан сумен араласып ұсталып корпус түбінен шығады. Тор үстінде су қабаты бетінде көпіршіктерден көбік қабаты пайда болады. Тор астында ұсталмаған шаң сол қабатта ұсталады.

14 Байыту өнімдерінен бөлінген суды тазарту

14.1 Жалпы түсініктер

Байыту фабрикаларында технологиялық процестерде қолданылған су кеннен алынатын концентраттармен және қалдықпен бірге шығады. Су тек технологиялық процестерде ғана емес, сонымен қатар флотациялау фабрикаларында флотореагенттерді ерітуге және еденді, жабдықтарды жуып-шаюға қолданылады.

Судың негізгі массасы қалдықпен бірге шығып қалдық сақтау орнына (хвостохранилище) түсіп, содан тұныққан су түрінде бөлінеді. Концентраттардан су тікелей фабрика ішінде қойылдырғыштарда, сүзгіштерде және тағы басқа аппараттарда бөлінеді, демек ағызынды (слив), фильтрат, фугат және дренажды су түрінде бөлінеді.

Өнімдерден бөлінген сулар көптеген химиялық қосылыстармен және механикалық заттармен (ұнтақты қатты зат) былғанады. Концентраттармен бөлінген, әсіресе реагенттер ерітінділерін даярлайтын бөлімде шығатын сулардың былғану дәрежесі қалдықпен бөлінетін судың былғану дәрежесінен көп рет жоғары болады.

Қалдықтан бөлінген су одан әрі не табиғи су көздеріне (өзендерге, көлдерге) не байыту фабрикасына қайтарылып технологиялық процестерге түседі. Осы екі жағдайда тазалануы керек. Егер ол су көздеріне түсірілсе, оның құрамындағы былғағыш химиялық заттардың концентрациялары организмге зиян келтірмейтін шамаға дейін нормаға сәйкес төмендетілуі қажет. Егер ол технологиялық процестерде қолдану мақсатымен жұмсалса, онда оны тазалау дәрежесі процестерді жүргізуге сай қойылатын талаптармен байланысты анықталады. Бұл жағдайда суды көпшілік заттардан норма шамасына жеткізе тазалаудың қажеті жоқ, ал кейбір заттардан мүлде тазартылмайды.

Суды тазалауға қолданылатын әдістер қымбат тұрады. Әсіресе тазалау дәрежесі артқан сайын ол үшін шығарылатын шығында молая түседі. Сондықтан былғанған суды тек белгілі дәрежеге дейін тазалап, процестерге қайта пайдалану ең дұрыс бағыт болып саналады. Былғанған суды осылай пайдалануды **айналымды сумен жабдықтау** деп атайды.

Суды былғайтын заттардың түрлері, қасиеттері және концентрациялары әр түрлі болуымен байланысты көптеген тазалау әдістері қолданылады. Оларды төрт топқа бөлуге болады: механикалық, химиялық, физико-химиялық және биологиялық әдістер.

Механикалық тазалау әдісі суды қатты зат түйіршіктерінен олардың салмақ күші және ортадан тепкіш күш әсері мен шөгілдіру арқылы тазалауға негізделген.

Химиялық тазалау әдісі су ішіндегі жағымсыз иондарды түрлі реагенттер қосу арқылы ерімейтін шөгіндіге айналдырып, не тотықтандырып олардың улылығын жоюға негізделген.

Физико-химиялық тазалау әдістерінде су қатты және химиялық заттардан ион алмастыру, сіндіру, электролиз, тұзсыздандыру, флотация және тағы кейбір процестерді қолдану арқылы тазаланады.

Биологиялық тазалау әдістерінде су жағымсыз химиялық заттардан микроорганизмдердің, бактериялардың әсерімен (тотықтану, ыдырау, сіңу) тазаланады.

Суды тазалау әдістерін таңдау оның ішіндегі былғағыш заттардың табиғатына және концентрацияларына қолданылатын байыту әдістеріне байланысты. Суларда қатты зат түйіршіктері өте ұнтақтықтарына байланысты қойлдырғыштарда, қалдық сақтау орнында шөкпеудің нәтижесінде қалады. Олардан тазалаудың негізгі жолы жеткілікті уақыт мөлшерінде тұндыру. Өте ұнтақты заттың шөгілуін жылдамдату үшін олар химиялық заттар (флокулянттар және коагулянттар) қосу арқылы ірілендіріледі. Ірілену бір-біріне жабысу арқылы жүреді.

Гравитациялық фабрикалардың сулары негізінде қатты зат түйіршіктерімен, сонымен қатар минералдардың сумен әрекетінде аздап еруі нәтижесінде пайда болатын иондарменде былғанады. Сондықтан олар негізінде механикалық тазалау әдістерімен тазартылады.

Флотациялық фабрикаларда флотореагенттер ретінде көптеген қасиетті химиялық заттар қолданылады. Олардың негізі өнімдерден бөлінген суда қалады. Көпшілік иондардың (ксантогенаттың, күкірттің, дитиофосфаттың, цианның және т. б.) улылығын тотықтыру арқылы жойылады. Тотықтырғыш ретінде активті хлор көздері (гипохлоридтер және хлорлы ізбес), озон және электрохимиялық тотықтыру әдісі қолданылады.

Металдар катиондарының көпшілігі (мыс, қорғасын, темір, мырыш, никель және басқалары) сілтілі ортада ерімейтін гидроксидтер түзеді. Осы мақсатпен сулар сақтау орнына түсетін қалдық пульпасы ізбеспен араластырады.

Судағы заттардың көпшілігі бағалы заттар. Егер олардың концентрациялары жоғары болса, тек суды тазалап қоймай, бағалы затты пайдалану мақсатымен бөліп алу қажет. Осыған байланысты судан бөліп алуға қолданылатын әдістің бағалы затты жоғалтпай бөлуге мүмкіншілігі болуы қажет. Мысалы, судағы циан ионын (ол өте улы ион) активті хлормен тотықтандырса, ол улылығы жоқ цианат ионына айналады, демек ол басқа түрге айналып реагент қасиетін жоғалтады. Егер цианды су ион алмастырғыш әдіспен тазаланса, онда циан ион судан өзгермеген қалпында бөлініп алынады да, қайтадан реагент ретінде қолданылады. Бағалы затты осылай алып қажетке жаратуды *реагенерациялау не утилизациялау* деп атайды.

14.2 Былғанған суларды тазалау әдістерін тиімді қолдану

Алдыңғы параграфта тазалау әдістерінің бірнеше топтары аталынды. Әр топқа бірнеше не көптеген тазарту әдістері жатады. Олардың әр қайсысының өзіне тән ерекшеліктері, кемшіліктері не артықшылығы бар. Соларға байланысты оларды таңдау және тиімді пайдалану үшін әр қайсысы туралы мыналарды білу қажет:

Суды қандай заттардан тазалауға болады, тазалау дәрежесі, демек былғағыш затты мүлдем жоюға, не оның концентрациясының белгілі бір шекке дейін ғана төмендетілуі;

Тазалау процесінде былғағыш затты құндылығына байланысты судан бөліп алып қайта пайдалану мүмкіндігі;

Тазалау дәрежесінің заттың судағы бастапқы концентрациясына тәуелділігі;

Тазалау процесінде қолданатын химиялық заттардың су ішіндегі заттармен салыстырмалы улылықтары;

Тазалау процесінде жұмсалатын шығынның азды-көптілігі.

Көпшілік жағдайда тек бірнеше әдістер қолданылғанда ғана су былғағыш заттардан тиімді тазартылады. Неше және қандай әдістердің

қажетті екендігі су ішіндегі былғағыш заттардың түрлері және концентрацияларымен, онымен қатар судың тазаланғаннан кейін қалай пайдаланылатына (айналмалы сумен жабдықтау жүйесіне түсе ме не су көздеріне түсірілеме) байланысты анықталады.

Механикалық тазалау әдістері ерте кездерден қолданылып келе жатқан байырғы әдістер. Оларды қолдану арқылы су қатты зат түйіршіктерінен тазартылады. Байыту фабрикаларында шығатын былғанған су құрамында үнемі қатты зат түйіршіктері бар. Олардан су шөгілдіру, сүзу және тұндыру арқылы тазартылады. Судың қатты зат түйіршіктерінен тазалану дәрежесі неғұрлым олар ірі болса, соғұрлым жоғары болады. Сондықтан байыту процестерінде алынатын өнімдердің ірілігі шешуші рөл атқарады.

Қатты заттан толық тазаланбайтын суларға флотациялық өнімдермен бірге шығатын сулар жатады. Байыту алдында кеннің өте ұнтақталынуына байланысты және қолданылатын флотациялау реагенттердің түйіршіктердің бет қасиетін өзгертумен байланысты диаметрлері микронды не кейде ондаған микронға тең түйіршіктердің шөгу жылдамдығы өте төмендейді. Осындай жағдайларда суға коагулянттар (анорганикалық күшті электролиттер) және флокулянттар (жоғары молекулалы органикалық заттар) қосылады. Олардың түйіршіктер бетіне тигізетін әсері нәтижесінде ұнтақты түйіршіктер бірігіп іріктенеді де, шөгу жылдамдықтары өседі.

Механикалық тазалау әдістері барлық байыту фабрикаларында қолданылатын қажетті әдістер.

Концентраттардағы су қойылдыру және сүзу арқылы, ал қалдықтағы су қалдық сақтау қоймасында шөгілдіру және тұндыру арқылы тазаланады.

Химиялық тазалану әдістерінде ерте кездерден қолданылып келеді. Олардың ішіндегі ең көп тарағандары ізбестеу және хлорлау.

Ізбестеу арқылы су көптеген металдар ионынан тазартылады. Ол ізбес суда ерігенде гидроксил (ОН) пайда болуына (демек сілтілі орта жасалады) негізделген. Суда минералдардың онымен әрекеттесуі нәтижесінде, табиғи жағдайлар және флотациялық реагенттер ретінде тұздарды қолдану нәтижесінде көптеген металл иондары (темір, қорғасын, мыс, мырыш, сынап және т. б.) пайда болады. Олар гидроксил иондарымен әрекеттесіп қатты зат құраудың нәтижесінде шөгіледі. Сөйтіп су ізбестеумен бірсыпыра иондардан тазаланады. Олардың барлығы дерлік әртүрлі дәрежеде улы заттар.

Ізбес иондарды шөгіндіге айналдырумен қатар күшті электролит ретінде коагулянт ролінде атқарады, демек ол ұнтақ түйіршіктерді коагуляциялап, шөгілу жылдамдықтарын арттырады. Егер ізбес флотациялық процесте флотореагент ретінде қолданылмаса, су тазалау мақсатымен арнайы пайдаланылады. Ол үшін, мысалы, пульпа қалдық қоймаға түсер алдында арнайы салынатын ізбестеу станциясында өңдеуден өтеді.

Ізбестеу процесінде су иондардан толық дәрежеде тазаланбайды. Бірақ ол дұрыс жүргізілсе көпшілік иондардың концентрацияларын санитарлық нормаларға жеткізуге болады.

Ізбестеп тазалау әдісі аз шығынмен жүргізілетініне байланысты келешекте де кеңінен қолданыла береді.

Хлорлау әдісі көптеген улы иондарды тотықтандыру арқылы улылығы төмен басқа химиялық түрлерге айналдыруға негізделген. Улы иондардың негізі қолданылатын флотациялық реагенттерге жатады. Тотықтану қасиеттері бар иондарға ксантогенат, дитиофосфат, күкіртті, цианды заттар және басқалары жатады.

Хлорлы әдістің үлкен артықшылығы су көптеген иондардан тазаланады және тазалау дәрежесі өте жоғары. Оның үлкен кемшілігі сол – қолданатын хлорлы заттың (хлорлы ізбес, гипохлорит және хлорлы газ) өздері өте улы. Соған байланысты қойылатын талап-процесс кезінде ол түгел шығындалуы қажет, демек тазалаудан кейін оның судағы қалдықты концентрациясы нөлге тең болуы қажет. Сонымен қатар тотыққан иондар су ішінде қалып, оның түрі және жағымсыз дәмі сақталады.

Қазіргі кезде ішуге қажетті сулар бірнеше әдістермен тазартылғанда хлорлау әдісі ақырғы тазарту сатысы ретінде қолданылады. Оның бірде-бір қажеті – түрлі жұқпалы ауру түрлерін қоздыратын микроорганизмдерді жою.

Хлорлы тазарту әдісінде былғағыш заттардың судағы бастапқы концентрациясының ролі аз. Тек қолданылатын хлорлы заттың шығымы былғағыш заттардың мөлшеріне сай болуы қажет.

Бұл әдістің кемшілігі сол су ішіндегі былғағыш бірақ қасиеті жағынан бағалы заттарды (мысалы флотореагенттер) қайта пайдалану мақсатымен қасиеттерін өзгертпей бөліп алуға болмайды /жоғарыда айтылғандай олар тотықтанып басқа түрлерге айналады/. Осыған байланысты хлорлы әдісті басқа әдістермен қоса пайдалану тиімді. Мысалы, бағалы былғағыш заттарды басқа әдістермен алдын-ала бөліп алып /негізгі массасын/, ал қалдықты концентрациялары хлорлау әдісімен жойылады.

Химиялық әдістердің басқа да түрлері белгілі, бірақ олар байыту фабрикаларында әр түрлі кемшіліктеріне байланысты аз не тіпті қолданылмайды.

Олардың ішіндегі ең маңыздысы – *озондау әдісі*. Озон ең күшті тотықтырғыш. Ол ХІХ ғасырдың аяқ кезінен бастап зерттеліп ХХ ғасырда ішетін суды тазалауға қолданыла бастады. Қазір жер жүзінде, әсіресе тұщы суға тапшы аймақтарда бірсыпыра үлкен қалаларда сумен жабдықтауда озондау әдісі қолданылады.

Оның барлық су тазарту әдістерінен артықшылығы былғағыш заттарды түгел жойып, суға таза табиғи сулардың қасиетін (мөлдірлік, дәмділік, иіс) береді. Ал оның үлкен кемшілігі қазіргі кезде электроэнергиясының жетіспеушілігіне байланысты қымбат әдіс. Байыту фабрикаларында, тіпті жалпы шаруашылықта, оны ең тиімді пайдалану жолы табиғи су көздеріне түсірілетін былғанған суды (олар алдын-ала басқа әдістермен де тазалануы мүмкін, мысалы бағалы заттарды бөліп алу үшін) тазалауда ең ақырғы тазалау сатысы ретінде қолдану.

Физика-химиялық әдістердің көптеген түрлері су тазарту мақсатымен ХХ ғасырда ғана қолданыла бастады. Байыту фабрикаларында сынаудан өтіп іс жүзінде қолданылып отырғандары: тұзсыздандыру (электродиализ), ион алмастыру, электрлі тотықтыру, флотация және тағы кейбір әдістер.

Тұзсыздандыру әдісі былғанған судан зиянды катиондар мен аниондарды электродиализдаумен бір мезгілде бөлуге негізделген.

Былғанған суды айналмалы су ретінде қолданғанда онда тұздардың концентрациялары біртіндеп өсіп технологиялық процестерге зиянды әсер ететін концентрацияға жетеді. Соған байланысты тұздардың концентрациясын белгілі бір мөлшерден асырмау қажет. Бұл мақсатқа былғанған суды электродиализдеу арқылы жетуге болады.

Электродиализдеудің артықшылығы сол катиондар мен аниондарды бірдей бөлумен қатар процестің үздіксіз жүргізілуі және тұздар бастапқы қасиеттерін сақтап қалады, демек оларды қайта пайдалануға болады. Процестің үлкен кемшілігі оның өнімділігі төмен. Соған байланысты суды толық тазалау үшін шығарылатын шығын мол. Осы тұрғыдан қарағанда оны тиімді пайдалану жолы толық тазартуды қажет етпейтін тек айналмалы су ішіндегі иондардың концентрациясын қажетті мөлшерге дейін ғана төмендетеді.

Ғылым мен техникада белгілі басқа тұзсыздандыру әдістерін, әсіресе буландыру әдісін, байыту фабрикаларында қолдану әзір өте қымбат саналады.

Келешегі мол әдістердің бірі – *ион алмастыру*. Бұл әдіс біраз байыту фабрикаларында кейінгі 30-40 жылдарда қолданыла бастады. Бұл процесті жақсы игерген байыту фабрикасына, мысалы, Зырян байыту фабрикасы жатады.

Ион алмастырғыш әдісте қатты не сұйық жоғары молекулалы органикалық заттар ион алмастырғыштар ретінде қолданылады. Егер қатты зат қолданылса, әдетте ион алмастырғыш әдіс деп, ал егер сұйық зат қолданылса экстракция деп аталады. Экстракция әдісі қымбаттығына байланысты қазіргі кезде ерітінділерден (ішінде бағалы зат концентрациялары жоғары) тек өте бағалы заттарды алуға қолданылады.

Ион алмастырғыш заттар процесс алдында басқа иондармен жеңіл алмаса алатын аз зиянды иондармен зарядталады. Егер катионмен зарядталған болса олар катионит, ал анионмен зарядталса анионит болып аталады. Егер суды катиондардан тазалау қажет болса катионит қолданылады. Ол сумен араластырылғанда оның катионы суға шығып, ал судағы катион катионит құрамына кіреді, демек екі катион бір-бірімен алмасады. Анионитте анион алмасады. Сөйтіп, су белгілі бір иондардан тазарады. Олардың орнына зияндығы аз иондар пайда болады. Алмасу процесі жылдам жүру үшін ионит ұсақ түйіршіктер түрінде қолданылады.

Ион алмастыру әдісінің артықшылығы – судан ондағы иондардың концентрациялары қанша аз болса да толық бөліп алуға болады, иондар өз қасиеттерін өзгертпейді, демек қайта пайдалануға болады, процесте бөтен химиялық заттар қолданылмайды. Оның кемшілігі – процестің үзілімді жүргізілуі. Сондықтан, әдетте екі қатар аппараттар қолданылады: біреуі жұмыс істегенде, екіншісі зарядталуға тұрады. Ион алмастырғыш заттарды шығару өндірісте жылдан жылға дамып келеді. Соған байланысты олардың құныда біртіндеп төмендеуде. Келешекте бұл әдіс қойылдырғыштардың

ағызындысын тазалау үшін кең таралған әдістердің біріне айналуға тиіс. Процесс арнаулы жасалған ионалмастырғыш сүзгіштерде жүргізіледі.

Электрлі тотықтыру әдісі электролиз процесіне негізделген. Бұл процесте анод электродында су құрамындағы тотығу қасиеті бар иондар (аниондар) тотығады да, ал катод электродында катиондар зарядсызданып тотықсызданады. Демек, бұл процеспен су бірсыпыра аниондардан және катионадардан тазаланады.

Бұл әдістің артықшылығы – су құрамында бағалы металдар ионы болса оларды металл түрінде бөліп алу мүмкіншілігі. Олардан суды толық тазалау көп энергия шығынын қажет етеді. Сондықтан, процесс экономикалық тиімді деңгейге дейін ғана жүргізіледі.

Былғаушы заттардың қалдық концентрацияларын басқа әдістермен жоюға болады. Әдістің кемшілігіне бірсыпыра бағалы иондардың (мысалы, ксантогенат, циан және т. б.) тотығу нәтижесінде жоғалуы жатады және өнімділігі аз. Сонымен бірге процесс егер суда зат концентрациялары белгілі мөлшерден аз болмаса ғана, құрамында металдар концентрациялары жоғары және көлемі аз келетін қойылдырғыштың ағызындыларын тазалауға қолдану тиімді. Үлкен көлемді суларды бұл әдіспен тазалау электр энергиясының шығынының молдығына байланысты өте тиімсіз.

Флотациялық тазалау әдісі кейінгі 20-30 жылда өндірістің әр салаларында қолданылып келеді. Процестің негізі бас тарауларда келтірілді.

Флотация әдісі суды ұнтақталған қатты заттардан ғана тазалауға емес, сонымен бірге иондарданда, майлы заттарданда тазалауға қолданылады. Процесс кен флотациясына ұқсас жүргізіледі. Айырмашылы сол судан бөлінетін заттардың өте ұнтақтығына және қандай зат болсын олардың неғұрлым толық бөлінуінің қажеттігіне байланысты ауа көпіршіктері неғұрлым ұсақ және көп болуы керек. Осыған байланысты жиі *электрофлотация* қолданылады. Көпіршіктер ток күшімен су молекулаларының ыдырап оттек және сутек газдарына бөлінуіне байланысты пайда болады.

Тазалау флотация процесінде белгілі флотациялық реагенттермен бірге кейбір арнайы қасиеттері бар заттарда қолданылады.

Иондарды флотациялау оларды реагенттермен алдын-ала микроқатты заттарға айналдыруға негізделген. Сонымен қатар олар үшін негізі бір, бірақ өзара айырмашылықтары бар бірсыпыра машина түрлері ұсынылды.

Суларды майлы заттардан (мысалы, мұнай өнімдері) тазалауға флотация әдісі өте тиімді. Онда еш қандай флотореагенттер қолданылмайды, тек су арқылы ауа көпіршіктері жеткілікті өткізілсе болды.

Биологиялық не биохимиялық әдістер былғанған суды тазалауға микроорганизмдерді пайдалануға негізделген. Микроорганизмдердің су ішіндегі заттармен негізгі әрекеті оларды тотықтыру. Биохимиялық су тазалау әдістері ерте кездерден, дәлірек айтсақ қалаларда канализациялық былғанған сулар пайда болғаннан бері қолданылып келеді. Өндірісте бұл әдіс кейінгі 30-40 жылда жедел дамып, кеңінен таралуда.

Өндірістік үлкен көлемді су тазалауда биохимиялық әдіспен су екі түрлі жолмен тазаланады: көлшіктерде және жер бетімен жайлап ағызу арқылы тазаланады.

Тазалау көлшіктер тереңдігі аз, қатар-қатар паралель ойылған қанаулардан тұрады. Қанау аралықтарындағы дөңестердің беткі деңгейі айналадағы жер беті деңгейінен төмен орналасады. Бастапқы су бірінші қанаудың ұзын бойымен түсіріледі. Одан су дөңес бетінен асып келесі қанауларға түсіп жатады. Үстінен қарағанда су беті барлық қанауда бір деңгейде жатады. Су бірінші қанаудан ақырғы қанауға жетіп шыққанша қанаулардың ішкі беттерінде тіршілік ететін микроорганизмдердің әрекетімен былғағыш заттардан тазарады. Көлшік түбін қанаулау микроорганизмдердің үлкен ауданда өсіп көбейуіне мүмкіндік тудырады.

Кейде көлшіктер дөңгелек пішінді етіп жасалады. Әдетте олар үлкен ауданды келеді. Көлшік арқылы өткенде су ағысы неғұрлым баяу болса, оның тазалану дәрежесі арта түседі.

Жер бетімен ағызып тазалауға еш қандай құрылыс салынбайды. Су белгілі бағытта жер бетімен аз жылдамдықпен ағып тазарады.

Бұл әдістерде микроорганизм әрекеттерімен бірге күн сәулесінің әсері де роль атқарады. Тазалау процесін жылдамдату үшін су ағатын жер бетіне кейбір өсімдіктер егіледі. Олардың бірсыпырасы өз бойына белгілі бір иондарды тартып сіңіретіні тәжірибе жүзінде дәлелденген.

Биохимиялық тазалау канализациялық сулар үшін қолданылғанда арнаулы жабдықтар – биосүзгіштер және аэротенктер қолданылады.

Қазіргі кезде биохимиялық әдістермен байыту фабрикаларының қалдық қоймаларынан шығатын ағызындылар тазартыла бастады. Бұл әдістің үлкен артықшылығы - оның қарапайымдылығы, арнаулы жабдықтарды не болмаса қосымша заттарды қажет етпейді, демек аз шығынды процесс. Бірақ бұл әдіспен тазалау тек жаз күндерінде ғана қанағаттандыратын дәрежеде жүреді. Қыс кезінде ашық ауада микроорганизмдердің тіршілігі мүлдем дерлік тоқтауына байланысты тазалау процесі жүрмейді.

Қалдық сақтау қоймасының былғанған суды тазалаудағы ролі. Көп уақыт қалдық сақтау қоймасы тек қалдық жинау орны ретінде қаралып келеді. 60-шы жылдары арнаулы жүргізілген зерттеулер нәтижесінде қалдық сақтау қоймаларының былғанған суды тазалауда үлкен роль атқаратыны анықталған. Соған байланысты қазір сақтау қоймасы басты тазалау орны ретінде саналады.

Жүргізілген тәжірибелер қалдық қоймасында химиялық, физика-химиялық және биологиялық процестер жүретінін көрсетті. Соның нәтижесінде қоймадан шығатын ағызындыда зиянды заттардың концентрациялары бастапқы пульпалы қалдықтағымен салыстырғанда ондаған есе азаятыны анықталған. Түріне және бастапқы концентрацияларына қарай әртүрлі заттардан судың тазалану дәрежесі де әртүрлі.

Тәжірибелер нәтижесінде судың тазалану дәрежесіне әсер ететін факторлар анықталды. Оларға жататындардың бастылары: қоймадағы

көлшіктің бет ауданы, сутек концентрациясы, судың қоймада болу ұзақтығы, температура, көлшіктің тереңдігі және тағы басқалар. Осы факторлар неғұрлым қажетті деңгейде реттелсе, соғұрлым тазалау дәрежесі жоғары болады. Оларды қажетті деңгейде реттеу қалдық қоймасын дұрыс эксплуатациялау арқылы жүргізуге болады. Олай болса қалдық сақтау қоймасының жұмысына үлкен назар аудару қажет.

Байыту фабрикасының айналымды сумен жабдықтау. Былғанған суды айналымды су ретінде қолдану, біріншіден, таза суды үнемдеуге, екіншіден, таза су көздеріне былғанған суды түсіріп ластамауға, үшіншіден, тазала дәрежесін төмендету арқылы шығын мөлшерін азайтуға мүмкіншілік тудырады. Сондықтан байыту фабрикаларында айналымды сумен жабдықтауға дүние жүзілік тәжірибеде үлкен мән берілуде. Қазіргі кезде бұл бағыт біздің елде де жылдан жылға дамуда. Бұл мәселенің де өзіндік қиындықтары бар. Ол негізінде айналымды судың ішіндегі заттардың қалдық концентрацияларының технологиялық процестерге тигізетін зиянымен байланысты. Олардың зиянды әсерлерін төмендету не жою үшін қай заттардың зиянды екенін, олардан суды қандай дәрежеге дейін тазарту қажеттігін және технологияның қандай циклдеріне пайдалануға болатындығын анықтау қажет.

Қазіргі кезде тазалау әдістерін қолдану және былғанған суды айналымды жүйеде пайдалану мәселелеріне ортаны қорғау проблемаларымен байланысты үлкен назар аударылуда.

15 Байыту процестерін бақылау, сынамалау және автоматтандыру

15.1 Байыту процестерін бақылаудың және сынамалаудың қажеті

Байыту фабрикаларында көптеген операциялардың жиынтығы қолданылады. Кеннен бағалы заттарды неғұрлым толық бөлуге және сапалы концентраттар алуға сол операциялар белгілі бір тиімді деп табылған режимдерде жүргізілсе ғана жетуге болады. Ал бағалы затты бөлу дәрежесін және өнімдердің сапаларын анықтау үшін кендегі және барлық өнімдердегі бағалы зат үлесін үнемі біліп отыру қажет. Соның нәтижесінде қажеттігіне қарай технологиялық операцияларға олардың тиімділіктерін жоғарылату мақсатымен дер кезінде өзгерістер енгізіліп отырылуы қажет. Демек, байыту фабрикаларында жүргізілетін жұмыстар барлық сатыларда үздіксіз жүйелі түрде басқарылуы қажет.

Басқару жүйесіне сай жүргізілетін жұмыстар үш сатыдан тұрады: 1) бақылауға қажетті параметрді өлшеу; 2) өлшемді талдап шешім қабылдау; 3) шешімді жүзеге асыру (орындау); әр сатыдағы әрекет қолмен не автоматты жолмен атқарылуы мүмкін.

Бақылауға тиісті барлық параметрлер негізгі және көмекші болып екі топқа бөлінеді. Негізгі параметрлер процестерге тікелей әсері бар не оларды сипаттайтын параметрлер жатады: кеннің және одан алынған өнімдердің массалары, кендегі және өнімдердегі бағалы заттың проценттік үлесі, кеннің

және өнімдердің минералогиялық және гранулометриялық құрамы, реагенттердің шығыны және концентрациялары, пульпаның тығыздығы, пульпаның ауалану дәрежесі, су құрамы, кеннің және концентраттардың ылғалдылығы, температура, сутек көрсеткіші, тұтқырлық, магнит және электр өрістерінің кернеуі және тоқ күші.

Көмекші параметрлерге жататындар: бункерлердегі, чандардағы кеннің, судың және пульпаның деңгейі, трубалардағы судың және ауаның қысымы, су шығыны, ауаның шаңдылығы, аппараттардың жұмыс істемей қалу уақыты және тағы сондайлар. Бұл параметрлермен жеке операциялардың, бүкіл фабриканың үздіксіз және істеуі байланысты.

Барлық параметрлер үзіліссіз және үзілімді бақыланатын параметрлер болып екіге бөлінеді. Үзіліссіз бақыланатындарға мысалы, кенмен өнімдердегі бағалы зат үлесі, классификатор (ұнтақтау циклінде) ағызындысының тығыздылығы және гранулометриялық құрамы, процестен өтетін кеннің массасы және ылғалдылығы, реагенттер шығыны, бункерлердегі, чандардағы кен, су және пульпа деңгейлері және сол сияқтылар.

Бақылау процестері арнаулы схемалар бойынша жүргізіледі. Оларда және оларға сай жасалатын кестелерде фабрика бойынша қай операцияда қандай параметрлер және қандай уақыт аралығында бақылау қажеттігі көрсетіледі.

Бақылау нәтижесінде алынатын деректер негізінде байыту фабрикасының жұмысының тиімділігін көрсететін технологиялық және товарлық тепе-теңдіктері (баланс) құрастырылады.

15.2 Байыту процестерін бақылау және сынама алудың әдістері

Көпшілік параметрлерді бақылау үшін кеннен, өнімдерден, пульпадан және ерітінділерден қолмен не автоматты аспаптармен сынамалар алынады. Бірсыпыра параметрлер сынамасыз тікелей өлшенеді.

Сынама деп бастапқы заттың барлық қасиеттері сақталатын оның белгілі бір бөлігін атайды. Оны бөліп алу және өңдеу арнайы ережелерге сай жүргізіледі. Сол мақсатпен қолданылатын әдістер және процестер жиынтығы сынамалау деп аталады. Сынамалау кезінде алдымен бөлшекті сынамалар алынып оларды қосып араластыру арқылы орта сынаманы талдау негізінде анықталады.

Сынамалау арқылы бақылынатын параметрлерге кендегі және өнімдердегі зат үлестері, минералдық және гранулометриялық құрамдары, пульпаның тығыздығы, ылғалдық және тағы басқалары жатады. Соған байланысты олар минералогиялық, химиялық және тағы сол сияқты сынамалар деп аталады. Солар сияқты кеннен технологиялық сынама алынады. Ол кенді жан жақты зерттеп, тиімді байыту технологиясын жасауға пайдаланылады.

Сынамалардың ішіндегі ең жауаптысы және маңыздысы химиялық сынамалар. Себебі олардың негізінде байыту процестері жетілдіріледі,

технологияның тиімділігін көрсететін технологиялық және товарлы баланстар жасалынады.

Орта сынама құру үшін алынатын бөлшекті сынамалардың саны төмендегі формуламен есептелінеді.

$$n = \delta^2 t^2 / \Delta^2$$

мұнда δ – сынамалайтын материал ішіндегі бағалы заттың проценттік үлесінің орташа квадратты ауытқу шамасы;

t – δ ішіндегі үлес арқылы берілетін ауытқу (мысалы $t=2$ болса алынған жүз сынаманың 95-нің шамасының ауытқуы қажетті шекаралықтан шықпайды);

Δ – сынама алуда жіберілетін абсолюттік қаталық (0,2-0,8).

Орта сынаманың ең кіші массасы (Q) мына формуламен анықталады:

$$Q = Kd^\alpha, \text{ кг}$$

мұнда d – сынамалайтын материал ішіндегі ең ірі кесектің диаметрі, мм;

α – дәреже көрсеткіші (1,5-2,7);

K – бағалы заттың материал көлемінде орналасуының біркелкілігін көрсететін коэффициент (0,06-2,0).

α және K шамалары сынамаланатын затты зертеу арқылы анықталады.

Кен не өнімдердің гранулометриялық құрамын анықтау үшін алынатын сынамалардың ең кіші массасы төмендегі формуламен табылады.

$$Q = 0,01d^2 + 0,5d,$$

мұнда d – ең ірі кесектің диаметрі, м.

Басқа да көптеген параметрлерді бағалау үшін сынамалар алынады. Олардың кейбірі әдейі алынбай ол үшін жоғарыда келтірілген сынамалар пайдаланылуы мүмкін. Сынамаланатын заттар әр күйде болуы мүмкін: кесек не ұнтақ күйде, қозғалмайтын не қозғалмалы түрде, құрғақ не сулы түрде. Осыған байланысты көптеген сынама алу әдістері қолданылады. Қозғалыссыз түрдегі заттардан сынама көсіп алу, шурф қазу, тоғам тәрізді жырықтар жасау әдістерімен, ал аз массалы ұнтақты заттан түтікті батырып (щуп) ішін толтыру арқылы алады. Сынамалау қабылданған ережелерге сай жүргізілуі тиіс (ГОСТ 1480-80, ГОСТ 15054-80 және ГОСТ 16598-80).

Байыту фабрикаларында негізінен сынама заттардың қозғалысы кезінде алынады. Ол үшін бойлай не көлденең қию әдістері қолданылады.

Бойлай қию әдісінде зат (конвейер үстіндегі қозғалыс кезінде) ұзын бойына жіңішке тілімдерге бөлінеді. Солардың бірі не кезек орналасқан бірнешеуі жеке жолға түсіріліп, сынама ретінде бөлініп алынады. Оның массасы тым үлкен болатын болса ол және тілімдерге бөлініп жоғарыдағыдай әдіспен сынама массасы қажетті шамаға дейін азайтылады.

Көлденең қию әдісінде зат көлденең бағытта белгілі уақыт өткен сайын қиылып, бөлшекті сынамалар бөлінеді. Оларды қосу арқылы орта сынама алынады.

Сынаманы қолмен немесе автоматты сынама алғыштармен алуға болады. Кейінгі жолмен алынған сынамалардың дәлдік дәрежесі жоғары болады.

Автоматты сынама алғыштардың көптеген конструкциялары белгілі. Барлығында қию кезінде сынама түсетін қондырғылар бар. Олар арнаулы механизмдермен белгілі уақытта затты ілгері және кейін бағытта қиып отырады.

Сынама алатын қондырғының түріне қарай олар шөмішті, секторлы, скреперлі және жырықты сынама алғыштарға бөлінеді.

Алынатын сынамалардың массасы бірнеше килограмнан бірнеше тоннаға жетуі мүмкін. Ал, мысалы, химиялық не физикалық әдіспен талдау мақсатымен лабораторияға түсетін сынаманың массасы орташа 50-100 грамм, ұнтақтығы 0,1 мм-ден кіші болуы қажет. Сондықтан бастапқы сынама массасы көп рет азайтылады. Бірақ алынған ақырғы сынамада бастапқы зат қасиеттері сақталуы керек. Осы мақсатқа жету үшін бастапқы сынаманы 0,1 мм-ге дейін ұнтақтап, жақсы араластырып, одан 50-100 г бөлуге болады. Бірақ бұл жолмен көп шығын және еңбекті қажет етеді. Осыған байланысты сынаманы аз шығынмен өңдеп химиялық талдауға дайындау жолы табылған. Ол үшін бастапқы ұсатылып ұнтақ күйге жеткізіледі. Ұсақтаудың әр сатысында $Q=K \cdot d^a$ формуласына сай массасы қысқартылып отырады. Әр қысқарту операциясы алдында сынама мұқият араластырылады. Сынама осылай дайындалып алдын ала жасалатын арнаулы схемамен жүргізіледі (99–сурет).

Араластыру сынаманың массасына және ірілігіне қарай әртүрлі әдістермен жүргізіледі. Ірі кесекті және массасы үлкен сынаманы сақиналы-конусты әдіспен, ал ұсақ және аз массалы күйге келтірілген сынама механикалық араластырғыштармен, елегіштен өткізу арқылы және клеенка үстінде кезек қарама-қарсы бағытта домалату арқылы араластырылады. Ұсату, ал оның алдында елеу, лабораториялық ұсатқыштарда және елегіштерде жүргізіледі.

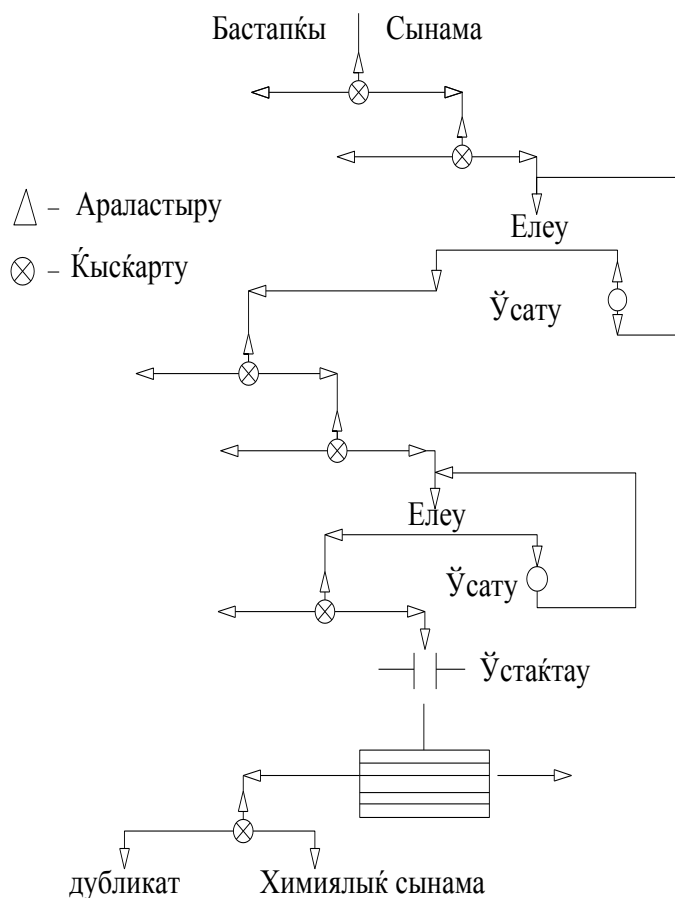
Сынаманың массасын азайту әдістері оның ірілігі және массасына байланысты. Ірі кесекті және массалы сынама шеріктеу әдісімен жүргізіледі. Араластырылған материал перпендикуляр бағытта төртке бөлінеді де, қарама-қарсы жатқан екі бөлігі біріктіріледі. Осы жолмен қысқарту қажетті массаға бір не бірнеше рет қысқартылуымен жеткізіледі. Ұсақ зат массасы науалы бөлгіштерде не квадраттау әдісімен қысқартылады. Ақырғы әдісте зат біркелкі жұқа қабат түріне келтіріледі. Сонан соң сызғышпен оның бетіне қатар параллель сызықтар екі бағытта жүргізіліп квадраттарға бөлінеді. Әр квадраттан аз массалы зат алынып біріктіріледі.

Гранулометриялық құрамды бақылау үшін алынатын сынама елеуішті және шөктіру әдістерімен алынады.

Пульпаның тығыздығын бақылау үшін үздіксіз жұмыс істейтін автоматты қондырғы қолданылады не қолмен сынама алынып оның массасы өлшенеді. Содан кейін құрғатылып, сусыз зат массасы өлшенеді де, бастапқы пульпадағы қатты заттың проценттік үлесі есептелінеді.

Суспензия тұрақтылығы вискозиметрлермен өлшенеді.

Кеннің және алынған өнімдердің (концентраттың) массалары таразылармен өлшенеді. Ол үшін вагондар, машиналар өлшейтін таразылар, фабрика ішінде конвейерлі таразылар қолданылады.



99 – сурет. Сынаманың өңдеу схемасы

Басқа көптеген параметрлер қабылданған ГОСТ-тарға сай әдістермен тек белгілі ережелерді сақтау арқылы бақылынады.

15.3 Технологиялық және товарлы баланстар

Байыту технологиясының тиімділігі технологиялық көрсеткіштерге қарап бағаланады. Олардың дұрыстығы технологиялық баланстың шығу не шықпауына байланысты. Технологиялық баланс деп алынған өнімдердің массаларының қосындысы бастапқы кен массасына яғни өнімдердің проценттік шығымдарының қосындысы 100 %-ке тең болуын және алынған өнімдерге бағалы заттың бөлінуі дәрежелерінің қосындысы 100 %-ке тең болуын атайды.

Технологиялық баланс жасау үшін кендегі және өнімдердегі бағалы заттың проценттік үлесін білу қажет. Ол үшін кеннен және өнімдерден алынған сынамалар химиялық (не физикалық) әдіспен талданады. Соның нәтижесінде өнімдердің проценттік шығымдары есептеледі. Өнімділігі аз

фабрикаларда (флотациялау фабрикаларынан басқа) өнімдердің шығымы тікелей олардың массаларын өлшеу арқылы табылады. Осы деректер алынғаннан кейін өнімдерге бағалы затты бөліп алу дәрежелері есептелінеді. Егер кенде және өнімдерде бағалы заттың проценттік үлесі дұрыс табылған болса, өнімдердің проценттік шығымдарының қосындысы 100 %-ке және оларға бағалы заттың бөліну дәрежелерінің қосындысыда 100 %-ке тең болады. Демек, баланс шығады. Баланс шықпаса бағалы зат үлестері және өнімдердің шығыны дұрыс табылмағаны, сондықтан оларды қайтадан анықтау қажет. Демек, технологиялық баланс технологиялық көрсеткіштердің нақтылы шамаларын көрсетеді, соған байланысты байыту технологиясының тиімділігі дұрыс бағаланады.

Технологиялық баланс жасау үшін сынамалар тек байыту процесіне түсетін кеннен (диірменге түсер алдында не классификатордың ағызындысынан) және ақырғы өнімдерден алынады. Ол үшін концентраттар қойылдырыштарға түсер алдында сынамаланады. Қалдықтан сынама оны қалдық қоймасына айдайтын насос зумпфына түсер алдында алынады. Технологиялық баланста әртүрлі себептермен жоғалған өнім бөлігі есепке алынбайды. Практикада сменді, тәулікті, декадалы, айлықты, кварталды және жылдық технологиялық баланстар жасалады. Ол кесте түрінде келтіріледі.

Товарлы баланс байыту фабрикасына ай бойы түскен кеннің, өткен айдан қалған кеннің (бункерлерде, чандарда) өткен айдан қалған концентраттардың (зумпфтарға, қойылдырғыштарда) ай аяғында келесі айға қалатын кеннің, концентраттардың, қалдықтың, жоғалымдардың массаларын дәл өлшеу негізінде (ол үшін заттың ылғалдығын есепке алу қажет) және олардың барлығының құрамындағы бағалы заттың проценттік үлесін білу негізінде жасалады. Концентраттан сынама тұтынушы өндіріс орнына жіберуге дайындау кезінде алынады.

Жоғалымдарды есепке алуға байланысты есептелінетін товарлы бөліп алу дәрежесі әрдайым технологиялық бөліп алу дәрежесінен кем болады. Бірақ олардың айырмашылығы қабылданған мөлшерден аспауы керек. Айырмашылық болудың себептерін талдау арқылы жоғалым көздері не болмаса сынамалауда жіберілетін қателіктер табылады.

Байыту фабрикасының қаражат-шаруашылық әрекеті товарлы баланс көрсеткіштерімен бағаланады.

15.4 Технологиялық процестерді автоматикалық жолдармен бақылау және реттеу

Байыту фабрикаларында барлық процестер механикаландырылған және үздіксіз жүргізіледі. Мұның өзі оларды автоматты жолмен бақылауға және реттеуге зор мүмкіншілік тудырады.

Автоматикалық реттеу жүйесі жеке аппараттың жұмысын не технологиялық жүйе құрамына кіретін жеке процестерді реттеуге қолданылуы мүмкін. Сонымен қатар автоматикалық жүйе бір-бірімен байланысты процестердің біріккен жиынтықтығын комплексті түрде (АС

УТП) қолданылады. Жеке процестерді не оларды комплексті автоматикалық жолдармен басқарудың негізі бір. Осыған байланысты автоматизация үш деңгейде жүргізіледі.

Жүйенің бірінші деңгейінде жеке параметрлердің шамасы датчиктермен өлшеніп, орындаушы қондырғылардың әрекетімен параметрдің ауытқыған шамасы қажетті мөлшерге келтіріледі.

Екінші деңгейде жеке процестердің (ол бір не бірнеше параметрлі болуы мүмкін) не фабрика бөлімінің (цехтың) жұмысы жартылай не толық автоматтандырылып операторлық пульттерде басқарылады.

Үшінші деңгейде бірнеше бөлімнің не бүкіл фабриканың технологиялық процестері байланыстарына сай автоматтандырылып орталық диспетчерлік пункттен басқарылады. Орталық пункт жеке бөлімдермен телефонмен не байланыстың басқа түрлерімен, кейінгі кезде телевизиялық қондырғылармен жалғасады.

Ұсату бөлімінде кеннің ұсатқыштарға біркелкі берілуі олардың алдына орнатылған қабылдағыш бункерлердегі кен деңгейін көрсететін қондырғылардың сигналы негізінде реттеледі.

Ұнтақтау бөлімінде диірмендерге кеннің біркелкі түсірілуі әртүрлі негізде автоматтандырылады. Ол үшін диірменнен шығатын үн күші, шығынданатын электроэнергия шамасы және басқада параметрлер пайдаланылады.

Байыту процестері әдетте көп параметрлі болады. Олардың әр қайсысын өлшеудің бірнеше әдістері болуы мүмкін. Автоматтандыру мақсатымен кен қасиетіне не процесс түріне сай тиімді өлшеу және реттеу әдістері таңдалынады. Әсіресе флотациялық фабрикаларда процестің тиімділігі ондаған параметрлерге тәуелді. Олардың көпшілігі бірімен бірі тығыз байланысты. Сол жайға сай байыту процестерін толық автоматтандыру қиын 1с. Оны іске асыру тек түсетін кеннің барлық қасиеттері үнемі өзгермейтін қалыпта болғанда ғана мүмкін. Осы себептермен байыту фабрикаларында қазіргі кезде тек жеке параметрлер не процестер ғана автоматтандырылуда. Фабрикаларда АСУТП (автоматические системы управления технологическим процессом) жүйесін енгізіп игеру өнімділікті өсіруге пайдалы қазбаны комплексті пайдалануға, концентраттардың сапасын көтеруге және бағалы заттарды бөлу дәрежелерін өсіруге үлкен мүмкіншіліктер туғызады.

16 Кендерді байыту технологиялары

16.1 Кендердің және концентраттардың сапасы туралы түсініктер

Кендердің байытылу мүмкіншілігін және экономикалық тиімділігін анықтайтын негізгі қасиеттеріне ондағы бағалы заттардың проценттік үлесі, минералдық құрамы және сеппелік дәрежесі жатады. Бұл қасиеттердің әр қайсысының байыту процестеріне тигізетін әсерлерінің маңызды ерекшеліктері бар.

Кенде бағалы заттың проценттік үлесі артқан сайын оны бөліп алу дәрежесі өседі. Оның байыту мүмкіншілігі заттың проценттік үлесінің белгілі бір шамадан төмен болмауымен анықталады. Оның төменгі шегі байыту процестерінің даму деңгейімен байланысты. Мысалы, 30-жылдары құрамында 0,3 % мыс бар кенді байытып, мыс концентратын бөліп алу тиімсіз болса, қазіргі кезде технологияның жетілуіне байланысты мыс үлесі 0,2 %-ке тең кен тиімді байытылады. Бағалы зат үлесінің тиімді төменгі шегі әр зат үшін әртүрлі. Мысалы, молибденнің проценттік үлесі 0,01 %-тен жоғары болса кен тиімді байытылады. Демек, кендерді бағалы затқа бай не кедей деп бөлу салыстырмалы ұғым. Байыту тиімділігіне кеннің минералды құрамы үлкен әсер етеді. Мысалы, түсті металдар кенде сульфидті не тотықты минералдар түрінде болады. Әдетте, сульфидті кендер жоғары тиімділікпен байытылады. Көпшілік түсті металдар кендерінде бір металл бірнеше минералдар түрінде кездеседі. Олардың қасиеттері әр түрлі болғандықтан концентратқа шығуларыда әртүрлі дәрежеде болады. Кей минералдарды тиімді бөлудің қазіргі күнге дейінгі әдістері табылмай келеді. Демек, бағалы заттың кендегі үлесі жоғары болғанмен минералды құрамына қарай байытылуы тиімсіз болу мүмкін.

Бағалы заттың кендегі сеппелік дәрежесінің де маңызы зор. Кен неғұрлым ірі сеппелі болса, соғұрлым технологиялық көрсеткіштер жоғары болады. Көптеген кен түрлері, әсіресе түсті металдар кендері ұсақ сеппелі, дәлірек айтсақ, әртүрлі сеппелі болып келеді. Соған байланысты кендер сатылы байытылады, демек қолданылатын процестер және операциялар саны көбейеді. Ал кең эмульсионды сеппелі болса онда бағалы минералдарды жеке концентраттарға бөлу өте қыйындайды. Мұндай кендерден тек коллективті концентраттар ғана бөлініп, олардан минералдар тек металлургиялық өңдеу жолдарымен ғана бөлінеді.

Бұл келтірілген жайлардан байытылумен алынатын концентраттардың сапасы кен сапасына тәуелді екенін көреміз. Ал концентраттардың сапасы оларды металлургиялық не басқа жолдармен өңдеу процесстерінің тиімділігіне көп әсер етеді. Осыған байланысты концентраттар сапасына белгілі бір талаптар қойылады. Ол талаптар кендердің қасиеттеріне қарай орныққан байытылу тәжірибесіне сай мүмкіншіліктерді есепке алу нәтижесінде қойылады. Осылай қойылатын талаптардың қабылдануын стандартизациялау деп атайды, ал құжат есебінде бекітілген түрін стандарт деп атайды, демек стандарт техникалық норматив.

Кендердің сапаларының өзгеріп отыруына байланысты әр бағалы зат концентраттарына әртүрлі талаптар қойылады, демек концентрат бірнеше сорттарға бөлінеді.

Біздің елде стандарттың бірнеше түрі бар: мемлекеттік стандарт – ГОСТ; республикалық стандарт–РСТ; сапалық стандарт–ОСТ; өнеркәсіп орындарының стандарты – СТП және техникалық шарттар – ТУ.

Стандарттың міндетті түрде қолданылуы олардың қай деңгейде қабылдануына байланысты. Мысалы, ГОСТ талаптары бүкіл еліміздің

шаруашылығында орындалуы қажет, ал ТУ бір кәсіпорынның талабыны сай қабылданады да, тек сол кәсіпорынында ғана қолданылады және т.б.

Бекітілген стандарттар заң ретінде саналады. Бірақ техникалық прогрестің дамуына байланысты олар мезгіл-мезгіл өзгертіліп отырады. Ол тек мемлекеттік аттестациялау комиссиялардың (ГАК – государственная комиссия) шешімі нәтижесінде жүргізіледі.

Стандарттардың өзгеруі өндірілетін өнімдердің сапаларын арттыру және өнім сапасына қарай олардың құндары өзгеруі бір-бірімен тығыз байланысты. Мысалы, 1 тонна мыстың бағасы оның концентраттағы проценттік үлесіне қарай өзгереді. Демек, жоғары сапалы концентрат шығару өндіріс орнына тиімді. Екіншіден, кеннен неғұрлым жоғары сапалы түрде бөлінсе, бағалы зат бөлу дәрежесі кеми береді. Сондықтан концентраттың сапасын басқа көрсеткіштер есебінде емес, технологиялық процестерді жетілдіру, басқада шараларды комплексті жүргізу нәтижесінде көтеру қажет.

16.2 Түсті металдар кендерін байыту

Түсті металдарға мыс, қорғасын, мырыш, молибден, вольфрам, висмут, сурьма, сынап, қалайы және тағы кейбір металдар жатады. Олар кен құрамында сульфидті (күкірті), тотықты, карбонатты кейде сульфатты қосылыстар түрінде кездеседі. Соған байланысты түсті металдар кендері сульфидті және тотықты болып екі топқа бөлінеді. Егер кен құрамында металдың 90 %-тен көбісі сульфидті минералдар түрінде болса, сульфидті кенге, ал оның 30 %-тен көбі тотықты минералдар түрінде болса тотықты кенге жатады. Сол сияқты тотықты минералдар үлесі 30 %-тен аспаса аралас кен түріне жатады. Әрине кендерді осылай бөлу тек шартты ұғым.

Кенде бір метал бір не бірнеше минералдар түрінде болуы мүмкін.

Құрамындағы металдар санына қарай олар бір металды және көп металды (полиметаллические) болып бөлінеді.

Металдардың проценттік үлестеріне қарай кен бай не кедей депте саналады. Бірақ бұлай бөлу де шартты ұғым.

Түсті металдар кендерінің ерекшеліктері сол-көпшілігі көп металды және ұсақ сеппелі түрде кездеседі. Соған байланысты олар байыту алдында әртүрлі дәрежеге дейін ұнтақ талады да, флотациялық әдісімен байытылады.

Кен құрамындағы металдар негізгі металдар және серіктестер болып бөлінеді. Егер металдың проценттік үлесі оны тиімді бөлуге болатын деңгейден жоғары болса және өзіне меншікті минерал құрамында болса ол негізгі металға жатады. Кенде бір не бірнеше негізгі металдар болуы мүмкін. Кен сол металдардың аттарымен аталады (мысалы, мыс – қорғасын, мыс кені және т.с.с.). Серіктестерге негізінде меншікті минералдары жоқ және өте аз мөлшердегі металдар жатады. Олар негізгі металдар минералдарының кристалдық торына изоморфты қосымша түрде кіреді. Байыту кезінде сол минералдар концентратқа бөлінсе серіктестер бірге шығады. Оларға жататындар жер қойнында сирек және шашыраңқы кездесетін элементтер

(рений, селен, теллур, германий, галий, индий және т.с.с.) Кен көп металды болған сайын оның құрамында серіктестер саныда артады. Демек, кеннің комплексті дәрежесі артады. Сондықтан байыту технологиясын зерттеп жасағанда кенді неғұрлым толық комплексті пайдалану мақсатымен оның құрамы мұқият зерттелуі қажет. Мысалы, кенде құндылығы және проценттік үлесі төмен бір ғана минерал болса оны кеннен бөлудің қажеті болмайды. Ал егер оның құрамында құны өте жоғары серіктес – элемент болса онда ол минералды неғұрлым толық бөліп алу қажет.

Құрамындағы бөлуге қажетті бағалы минералдар санына қарай түсті металдар кендері селективті, коллективті және коллективті-селективті схемалар қолдану арқылы байытылады.

Сеппелік дәрежесіне қарай түсті металдар кендері үшін көбінде сатылы байыту схемалары қолданылады.

Мыс және мыс-пиритті кендерді байыту. Мыстың негізгі сульфидті минералдары – халькопирит (CuFeS_2), борнит (CuFeS_4), халькозин (Cu_2S), және ковеллин (CuS), ал тотық минералдары - малахит ($\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$), азурит ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$). Мыстың негізі сульфидті кендерден алынады. Оның кендегі проценттік үлесі үлкен шекаралықта өзгереді. Шартты түрде егер 2-3%-тен жоғары болса бай кен болып, 0,8-2,0 % аралығында болса орташа, ал 0,2-0,8 % аралығында кедей кен болып саналады.

Көптеген сульфидті түсті металдар кендерінде темір сульфиді пирит (FeS_2) үнемі бірге кездеседі. Оның кендегі проценттік үлесі бірнеше проценттен 70-80 %-ке дейін жетеді. Мыс кендерінен пирит концентраты, егер оның құрамында алтын болса, не күкірт қышқылын өндіру мақсатымен бөлінеді.

Ірі мыс кен орындарында Алмалық, Қоңырат, Жезқазған кен орындары жатады. Жалпы мыс басқа металдармен бірге көптеген кен түрлерінде кездеседі.

Егер мыс кенінде пирит аз мөлшерде болса, ол мыс минералдарымен бірге флотацияланып концентратқа шығады. Байыту схемасы қарапайым келеді: негізгі флотация, 1-3 тазалау операциялары және бақылау операциялары жүргізіледі.

Пириттің проценттік үлесі өссе (мөлшері 10-20%) мыс минералдары және пирит коллективті концентратқа бөлініп, содан кейін концентрат селективті флотациямен мыс және пирит концентраттарына бөлінеді (100–сурет, а) не селективті флотациямен кеннен алдымен мыс концентраты сонан соң пирит концентраты бөлінеді (100–сурет, б).

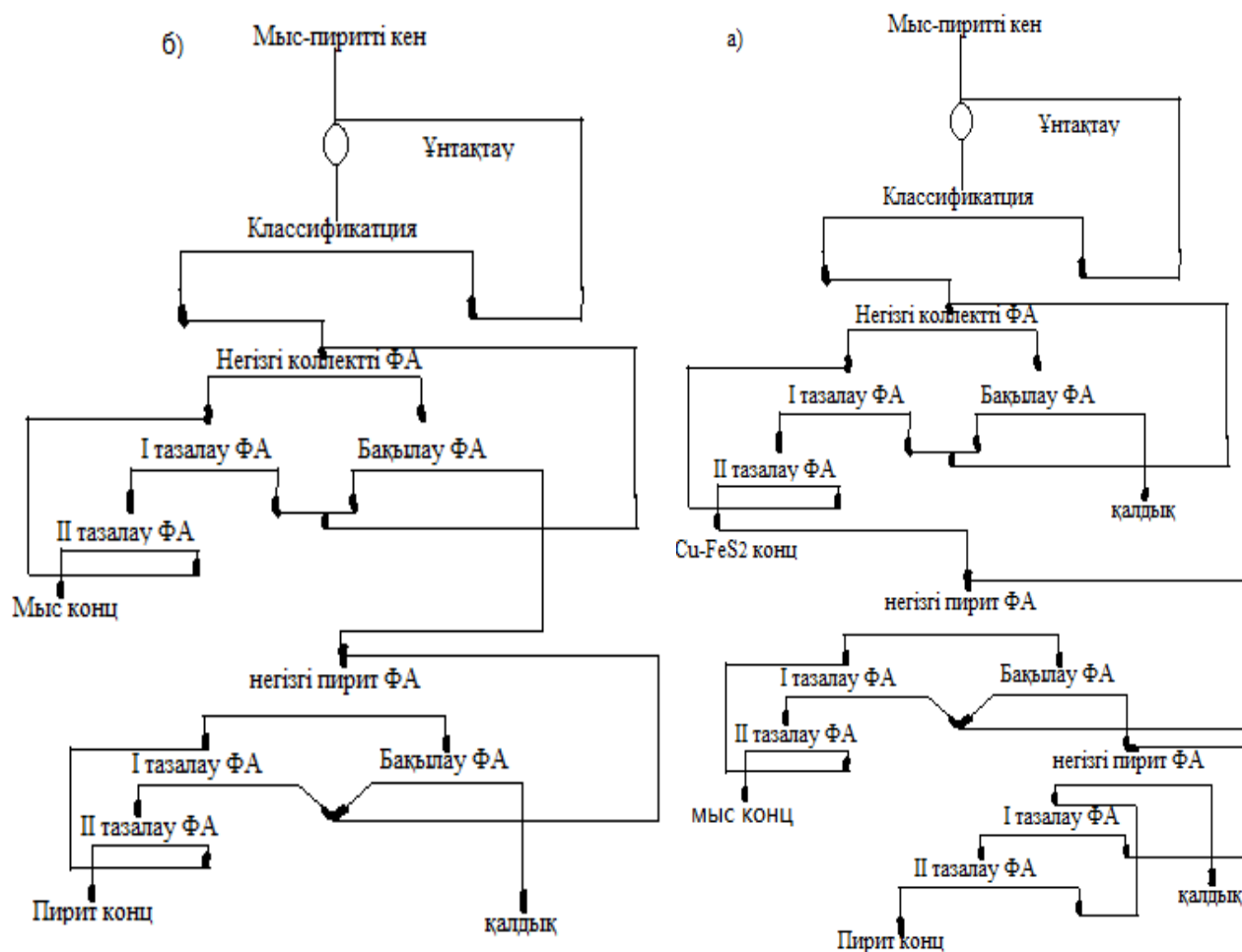
Егер пириттің проценттік үлесі жоғары болса, онда тек селективті схема қолданылады.

Сульфидті минералдар флотациялауда жыйнағыш реагент ретінде ксантогенаттар және аэрофлоттар, не олар қатар қолданылады. Пириттің басқышы ретінде ізбес қолданылады. Ортаның сілтілігі жоғары болуы қажет ($\text{pH}=10-12$).

Пирит флотациясы ортаның сілтілігі қышқыл қосып төмендету, не басқа әдістермен оны активтендіруден кейін жүргізіледі.

Тотықты мыс кендері байытылғанда тотықты мыс минералдары алдын ала сульфидтендіргіш реагентпен (Na_2S) өңделіп бет қасиеті өзгертіледі де, сульфидті минералдарша флотацияланады.

Мыс мырышты кендердің негізі Орал тауы айналасында орналасқан. Мыс оларда көбінде халькопирит түрінде, ал мырыш сфалерит (ZnS) минералы түрінде болады. Жалпы мырыштың 80-95 %-ті сфалериттен алынады. Бұл кендерде пириттің проценттік үлесі 70-80%-ке жетеді.



100–сурет. Мыс-пиритті кенді коллективті (а) және селективті (б) схемаларымен байыту технологиялары қолданылады.

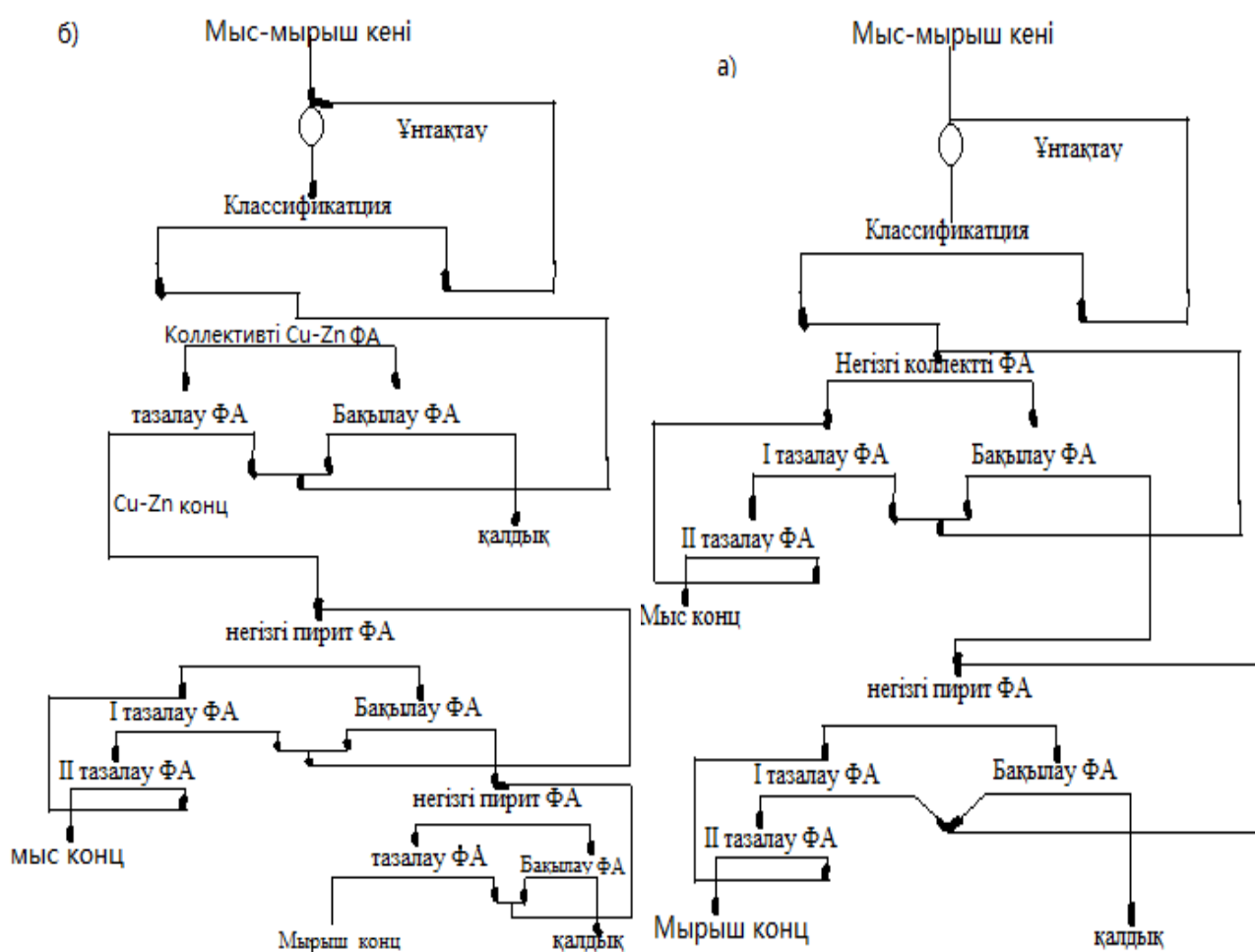
Кендердің жаратылысына қарай тікелей селективті, коллективті, коллективті-селективті байыту схемалары қолданылады.

Жеңіл байытылатын кендерден алдымен мыс, одан кейін мырыш, соңында пирит концентраттары бөлінеді (101–сурет, а). Ең жиі қолданылатын коллективті-селективті байыту схемасы (101–сурет, б). Алдымен кеннен мыс-мырышты коллективті концентрат бөлінеді, одан кейін пирит флотацияланады. Мыс-мырыш коллективті концентрат бөлінгенде одан алдымен мыс, сонан соң мырыш концентраты алынады.

Селективті схема қолданылғанда мыс флотациясы алдында кен 80-100 % - 0,074 дәрежеге дейін ұнтақталады да, коллективті схема бойынша мыс-

мырыш флотациясы алдында кен 50-80 % -0,074 мм мөлшерінде ұнтақталады да, коллективті концентрат қосымша ұнтақталады.

Селективті схема қолданылғанда сфалериттің басқыщы ретінде әртүрлі реагенттер қатар қолданылады. Мырыш сульфаты, натрий сульфиді, мырыш сульфаты, не мырыш сульфаты-циан тұздары. Ақырғы режим циан тұздарының өте улы қасиетіне байланысты тек қажетті жағдайда ғана қолданылады. Мырыш флотациясы алдында сфалерит мыс сульфатымен өңдеу арқылы активтендіріледі. Мыс-мырыш концентратын бөлгенде мыс флотациясының қалдығы (камералық өнім) сирек жағдайда мырыш концентраты түрінде алынады. Көпшілігінде пириттің болуына байланысты оның сапасы төмен болады да, мырыш флотациясы жүргізіліп пирит камералық өнімде қалады.



101–сурет. Мыс-мырыш кенді селективті (а) және коллективті (б) схемала-
рымен байыту технологиялары

Мыс-молибденді кендерде молибден молибденит (MoS_2) минералы түрінде болады. Молибденнің кендегі проценттік үлесі өте төмен болады.

Молибдениттің басқа барлық сульфидтерден ерекшелігі ол өте флото-активті минерал. Сондықтан жинағыш реагенті ретінде аполярлы заттар (көмір сутектер) қолданылады. Олардың ең көп тарағаны керосин.

Мыс минералдарының және молибдениттің флотациялық қасиеттері жоғары болғандықтан кендерден олар тек бірге флотацияланады (демек коллективті байыту схемлары қолданылады). Жинағыш реагенттері ретінде ксантогенаттар және аполярлы заттар қатар пайдаланылады.

Бұл кендерде де әртүрлі мөлшерде пирит болады. Оның флотациясы ізбеспен басылады.

Мыс-молибден коллективті концентраты бірнеше түрлі әдістермен бөлінеді. Олардың бастылары: 1) мыс минералдарының басқышы ретінде натрий сульфиді қолданылып, молибденит керосинмен флотацияланады. Әдістің тиімділігі пульпаның температурасын 80-90 °С-ге дейін көтерумен арттырылады; 2) мыс минералдары жоғары температурада ізбеспен басылады. Өте сирек жағдайда, егер коллективті концентратта молибденнің проценттік үлесі мыстан жоғары болса, молибденит флотациясы крахмал, декстрин және тағы сол сияқты органикалық заттармен басылып мыс минералдары флотацияланады.

Мыс-молибден коллективті концентраттары жоғары сапалы болуына байланысты молибден флотациясының қалдығы (камералық өнім) даяр мыс концентраты түрінде алынады.

Мыс-қорғасын кендерінде қорғасынның негізі галенит (PbS) минералы түрінде кездеседі. Аз мөлшерде кездесетін тотықты минералдары церуссит (PbCO₃) және англезит (PbSO₄). Галениттің флотациялану қасиеті де жоғары. Соған байланысты сульфидті мыс қорғасын кендері тек коллективті байыту схемасымен байытылады (102–сурет). Жинағыш реагенттер ретінде ксантогенаттар, орта реттеу реагенті ретінде сода қолданылады.

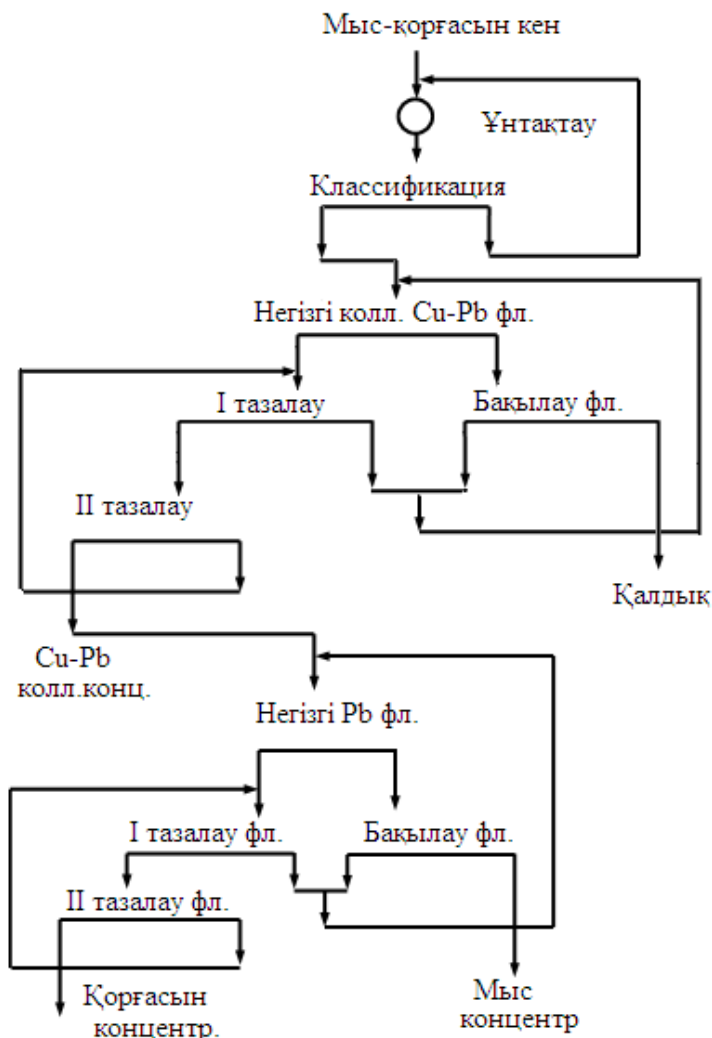
Мыс-қорғасынды коллективті концентратын бөлудің көптеген әдістері белгілі. Тәжірибеде ең көп тарағаны цианды процесс. Мыс сульфидтерінің флотациясы циан тұздарымен басылады. Олар галенитке еш әсер етпейді. Бұдан басқа әдістерде галенит флотациясы басылады да, мыс сульфидтері флотацияланады. Басқыш ретінде хром тұздары, темір сульфаты, натрий сульфиті және тағы басқалары қолданылады. Қорғасынды бір металды кендер сирек кездеседі. Бірсыпыра кен орындарында қорғасын минералдары және барит (BaSO₄) бірге кездеседі. Олардан алдымен қорғасын, одан соң барит концентраты бөлінеді.

Кей кендерде қорғасын минералдарының белгілі бір бөлегі ірі сеппелі болып кездеседі. Мұндай жағдайларда кеннен ұсақ ұсақталғаннан кейін, не ірі ұнтақтаудан кейін гравитациялық процеспен ірі сеппелі бөлегі бөлініп, қалған қалдық қажетті мөлшерге дейін ұнтақталады да, флотация әдісімен байытылады.

Егер кендер қорғасынның сульфидті және тотықты минералдары қатар кездесе (әсересе тотықты минералдар үлесі жоғары болса), алдымен сульфидті минерал (галенит) флотацияланады. Одан соң пульпа натрий

сульфидімен өңделіп (сульфидизация) тотықты минералдар флотацияланады. Мұндай әдісті жеке флотациялау деп атайды.

Қорғасын-мырышты кендердің көптеген кен орындары белгілі. Оларда қорғасын 0,5-2,0 % мырыш 1-6 % аралығында кездеседі. Демек, мырыштың үлесі көбінде жоғары келеді.



102–сурет. Мыс-қорғасынды кенді коллективті схемамен байыту технологиясы

Бұл кендердің ерекшелігі – галенит жоғары флотоактивті болса, сфалериттің флотоактивтілігі төмен. Осыған байланысты негізінен селективті байыту схемалары қолданылады: алдымен қорғасын флотациясы, содан кейін мырыш флотациясы жүргізіледі. Орта реттегіш реагент ретінде сода қолданылады. Сфалерит басқышы ретінде тек мырыш сульфаты не мырыш сульфаты және натрий сульфиді бірге, кейде натрий сульфиті қолданылады. Мырыш флотациясында сфалерит мыс сульфатымен активтендіріледі.

Селективті байыту схемасы кенде қорғасын және мырыш минералдары жеке сеппелі түрде және сфалериттің флотациялану қасиеті төмен болғанда қолданылады.

Егер кенде олардың минералдары өзара тұтасқан түрде (агрегат түрінде) болса коллективті схемамен байыту тиімді болады. Оған себеп болатын жай агрегаттардың ірілігі құрамындағы жеке минералдар диаметрінен жоғары келеді. Сондықтан оларды ірі ұнтақтаудан кейін бірге бөліп алуға болады. Сонда селективті процеске түсер алдында тек коллективті концентрат қана қосымша ұнтақтауға түседі. Соның нәтижесінде энергия және басқа шығындар азаяды. Бірақ мұндай кен түрлері жиі кездеспейді.

Кендердің қасиетіне қарай флотациялау алдында гравитациялық процестермен алдын ала байыту жүргізілуі мүмкін. Онда флотацияға тек ауыр фракция ғана түседі де шығын азаяды.

Мыс-қорғасын-мырыш кендерін байыту. Бұл кендердің құрамында да үнемі пирит болады. Тотықты металсыз минералдардан барит (BaSO_4) кездеседі. Негізгі минералдар құрамына изоморфты түрде асыл (алтын, күміс) және шашыранды элементтер (кадмий, селен, теллур, индий және басқалары) кіреді. Алтын кенде таза түрінде де (сап) болады.

Демек, кендер күрделі құрамды және комплексті келеді. Бұл кендердің негізгі қоры Алтай өлкесіне орналасқан (Лениногор, Зырян, Белоусовка және тағы басқалары). Байыту нәтижесінде кеннен алтын, мыс, қорғасын, мырыш, пирит және барит концентраттары алынады. Негізінен екі схема түрлері қолданылады: коллективті байыту схемасы және коллективті-селективті байыту схемалары.

Коллективті-селективті байыту схемасы бойынша кеннен алдымен мыс-қорғасын концентраты бөлінеді, демек мырыш минералы және пирит флотациялары басылады. Егер кенде бос алтын болса, ол мыс-қорғасын флотациясы алдында ұнтақтау циклінде гравитациялық аппаратпен (отсадкалау) бөлініп алынады.

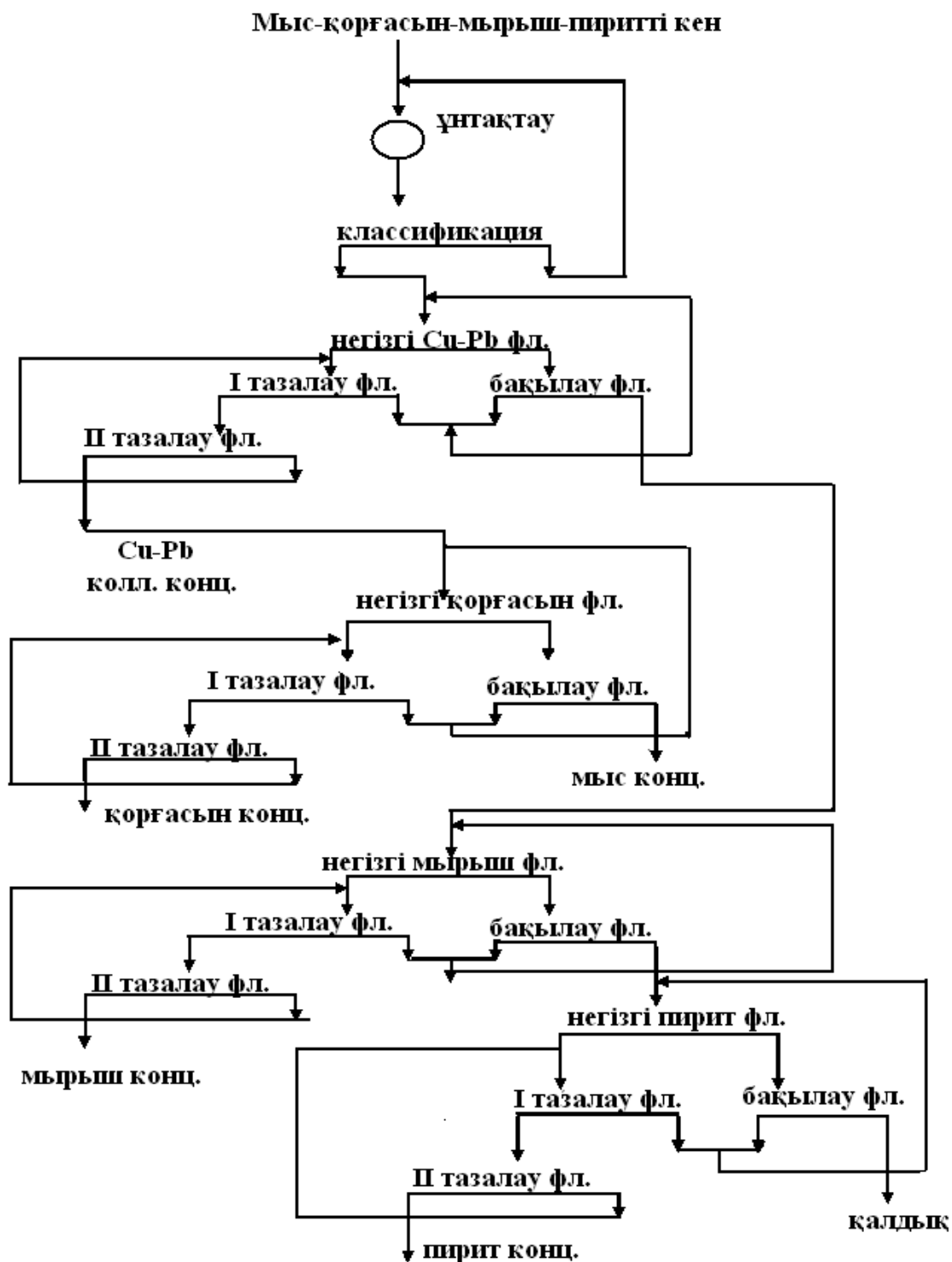
Мыс-қорғасын флотациясынан кейін мырышты флотация, одан кейін пирит флотациясы жүргізіледі. Барит концентраты ең соңында бөлінеді (103-сурет). Кейде мырыш-пиритті коллективті концентрат алынып бөлінеді.

Коллективті схемасымен байыту егер сульфидті минералдар кенде агрегатты күйде болса тиімді жүргізіледі. Сонымен қатар цинк сульфиді табиғи активтенген күйде болса оны басу қиын. Коллективті флотация алдында кен минералдардың агрегаттарын босату мақсатымен ірі ұнтақталады да, тек коллективті концентрат қана ұсақ ұнтақталады (90-100 % - 0.074мм). Осыған байланысты энергия, реагенттер және басқа материалдар шығыны азаяды.

Алынған мыс-қорғасын-мырыш-пиритті коллективті концентрат коллективті-селективті схемамен бөлінеді: алдымен мыс-қорғасын концентраты, одан кейін мырыш, ақырында пирит концентраты алынады (104-сурет).

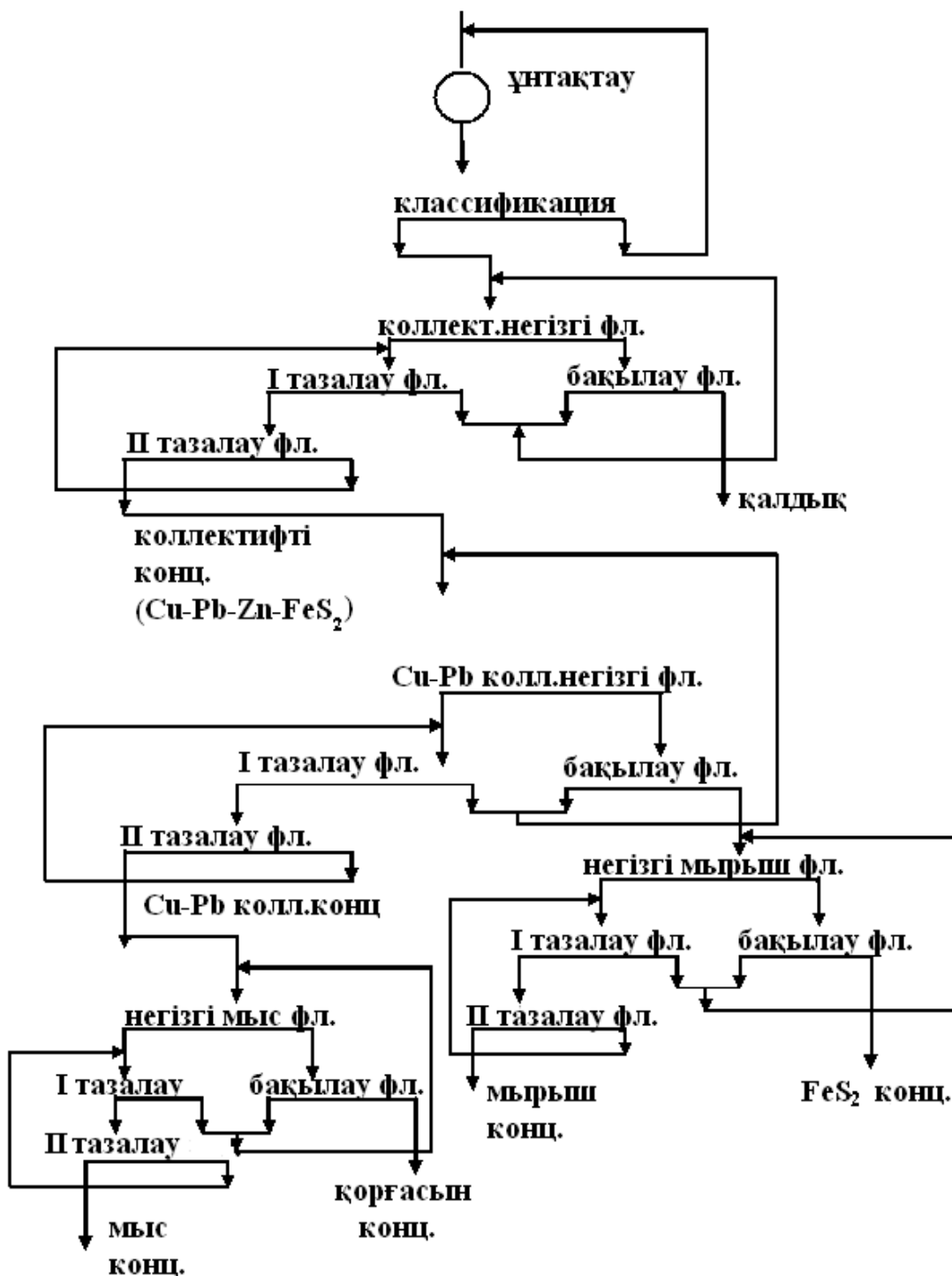
Мыс-қорғасын флотациясын жүргізгенде сфалерит және пириттің флотациясы цинк сульфаты-циан тұзы-сода қолдану арқылы басылады. Артынан цинк флотациясы жүргізілгенде (мыс сульфатымен активтендіргеннен кейін) пирит ізбеспен басылады. Мыс-қорғасын концентратын бөлуде қолданылатын реагенттер жоғарыда келтірілді.

Барит концентраты сульфидті флотацияның қалдығынан бөлінеді. Жинағыш реагенті ретінде карбонды-қышқылдар, алкил-сульфаттар, және баритол қолданылады. Тау-жыныс минералдарын басу үшін сұйық шыны не тағы басқа реагенттер қолданылуы мүмкін.



103–сурет. Мыс-қорғасын-мырыш-пиритті кенді коллективті-селективті схемамен байыту технологиясы

Мыс-қорғасын-мырышты(FeS_2) кен



104–сурет. Мыс-қорғасын-мырыш-пиритті кенді коллективті схемамен байыту технологиясы

Практикада сирек тікелей селективті байыту схемасыда қолданылады. Ол бойынша кеннен концентраттар мынадай кезекте бөлінеді: мыс, қорғасын, мырыш және пирит концентраты. Бірақ бұл схема өте сирек қолданылады.

Мыс-никель кендерін байыту. Никельдің негізгі массасы оның сульфидті минералдарынан алынады. Оларға жататындар: пентландит

$(\text{FeNi})_3\text{S}_3$), миллерит (NiS). Бұл кендерде үнемі құрамында никель бар пирротин (Fe_xS_x) кездеседі. Бұлармен қатар никельдің силикатты минералдары азды-көпті кездесіп отырады. Никельдің кенде проценттік үлесі 0,3-4% аралығында өзгереді. Мыс бұл кендерде халькопирит (CuFeS_2), кубанит (CuFeS_3) және талнахит ($\text{Cu}_3\text{Fe}_3\text{S}_{26}$) түрінде кездеседі. Кейінгі екі минерал халькопириттің әртүрлі жағдайда өзгерген түрлері.

Кендерді байытуда негізінде коллективті схемалар қолданылады. Коллективті концентратты бөлу екі әдіспен жүргізіледі. Егер онда мыстың проценттік үлесі никельден екі есе не одан жоғары болса, ол флотациялау арқылы бөлінеді. Мыс минералдары флотацияланады да, камералық өнім никель концентраты түрінде алынады. Никель минералдары көбінде ізбес арқылы басылады.

Егер мыстың проценттік үлесі никельден екі есе артпаса коллективті концентрат балқытылып фاینштейн алынады (фاینштейн олардың қарапайым, сульфидтерінің қоспасы). Фاینштейн арнаулы режимде суытылғанда (24 сағат ішінде біртіндеп суытылады) онда қарапайым сульфидтер пайда болады. Осыдан кейін ол ұсатылады және ұнтақталады да, мыс минералдары флотацияланады, ал никель концентраты камералық өнім түрінде алынады.

Жер жүзілік практикада мыс-никель коллективті концентратын бөлуде көптеген реагенттік режимдер қолданылады. Оған себеп болатын жаймыспен никельдің кенде көптеген минералдар түрінде кездесуі.

Бұл кендерде мыспен никельден басқа платина, палладий, кобальт, алтын, күміс, селен, теллур және басқалары кездесіп отырады. Олар мыс және никель минералдарымен тығыз байланысты келеді. Соның нәтижесінде, олар мыс және никель концентраттарын металлургиялық өндеуде әртүрлі өнім түрлеріне бөлінеді.

Алтын кендерін байыту. Алтын кендерде әртүрлі күйде кездеседі: таза жеке күйде (тау-жыныс минералдарымен тұтаса), басқа сульфидті минералдарының құрамында изоморфты қосымша түрінде. Оның кендегі таза түрінің түйіршіктер диаметрі бірнеше микроннан бірнеше миллиметр аралығында өзгереді. Кейде оның ірі кесектеріде (салмағы бірнеше жүз грамм) табылып қалады.

Алтын кен орындары түпкілікті және шашыранды болып бөлінеді. Түпкілікті кен орындарында алтын басқа тау жыныс минералдарымен және кейбір сульфидтермен тұтасқан күйде кездеседі. Сондықтан кен байыту алдында ұсатылады және ұнтақталады. Байытуда алтынның сеппелік дәрежесіне қарай гравитациялық, флотациялық әдістер, олардың комбинациясы және гидрометаллургиялық өндеу әдістері (циан тұздарымен еріту не амальгамациялау) қолданылады.

Шашыранды кен орындарда алтын тау-жыныс минералдарынан ажырап босаған түрде болады және негізгі массасы қиыршықты келеді. Кен ұсатуды не ұнтақтауды қажет етпейді. Бірақ кеннің жер бетінен алуына байланысты онда балшықтың проценттік үлесі жоғары болады да, байыту процестерін қиындатады. Сондықтан кен алдын-ала барабанды елеуде не

басқа аппараттарда балшықты заттардан жуылып шайылады. Байыту түйіршіктердің ірілігіне қарай және алтынның проценттік үлесіне қарай бір қатар аппараттарда (отсадкалау машиналарында, концентрациялау столдарында, шлюздерде, винтті бөлгіштерде) жүргізіледі.

Гравитациялық концентраттың сапасы төмен болса қосымша ұнтақталып не ұнтақталмай флотация әдісімен қосымша минералдардан тазартылады.

Вольфрам кендерінде вольфрам бірнеше минералдар түрінде кездеседі: вольфрамит ((FeMn)W₆O₄), ферберит (FeW₆O₄), гюбнерит (MnW₆O₄) және шеелит (CaW₆O₄). Кен вольфрам қандай минерал түрінде кездесуіне байланысты вольфрамитті не шеелитті болып аталады.

Вольфрам минералдарының тығыздығы жоғары болып келеді. Сондықтан, егер олардың сеппелігі ірі болса, гравитациялық әдіспен өте тиімді байытылады.

Вольфрамитті кендердің сеппелік дәрежесі үлкен аралықта өзгереді (0-6 мм мөлшерінде). Сондықтан байыту бірнеше сатылы және әртүрлі аппараттарда жүргізіледі. Ол үшін кен байыту алдында бірнеше кластарға бөлінеді. Ірі кластар отсадкалаумен, ұсақтары столдарда, шлюздерде, ал өте ұнтақ класс флотациялануы мүмкін. Гравитациялық концентраттардың сапасын жоғарылату үшін флотогравитация процессі, электрлі, және магнитті байыту әдістері қолданылады.

Шеелитті кендер көбінде ұсақ сеппелі түрде кездеседі. Соған байланысты флотация жиі қолданылады. Бұл кендерде молибденит және басқа сульфидтер болады. Мұндай кендер байытылғанда алдымен сульфидті минералдар флотацияланады.

Шеелит флотациясында концентратқа флотациялық қасиеттері оған ұқсас басқада минералдар (CaCO₃, MgCO₂) шығады, демек концентрат сапасы көп төмендейді. Олардан тазарту үшін концентрат жоғары температурада (80-90°C) сұйық шынымен (H₂SiO₃) араластырылады. Осыдан кейін флотация қайта жүргізілгенде шеелит флотацияланады да, ал басқалары флотациялану қасиеттеріне қарай камералық өнім түрінде қалады.

Қалайы кендерін байыту. Қалайы тек бір ғана минералдан – касситериттен (SnO₂) өндіріледі. Касситериттің ерекшелігі сол – тығыздығы жоғары және кендерде сеппелігі үлкен шек аралықта өзгереді. Негізгі байыту әдісі – гравитациялық әдіс.

Қалайы кен орындары түпкілікті және шашыранды болып кездеседі.

Касситериттің сеппелік дәрежесінің әртүрлі болуына байланысты байыту сатылы жүргізіледі. Ол үшін гравитациялық барлық дерлік аппараттар қолданылуы мүмкін. Егер ең ұнтақ класс (мысалы–0,1мм) үшін гравитациялық әдіс тиімсіз болса флотация қолданылады.

Гравитациялық әдіспен алынатын концентрат құрамында басқада жоғары тығыздықты минералдар болса олар флотация, электрлі және магнитті әдістерді қолданумен бөлінеді. Кей жағдайларда гидрометаллургиялық процестерде (мысалы, қоспаларды еріту арқылы) қолданылуы мүмкін.

Титан – цирконды кендерді байыту. Титанның басты минералдарына ильменит (FeTiO_3), рутил (TiO_2) және перовскит (CaTiO_3) жатады. Бұлармен бірге үнемі дерлік цирконий минералы циркон (ZrSiO_4) кездесіп отырады.

Бұл кендердің ерекшелігі сол көбінде шашыраңқы кен орындарында кездеседі. Сондықтан оларды ұсату және ұнтақтаудың қажеті жоқ. Байыту алдында балшықты заттардан жуып-шаю арқылы тазартылады. Бағалы минералдардың тығыздығының жоғары болуына байланысты олар гравитациялық байыту процестерімен коллективті концентратқа бөлінеді. Ол сусыздандырылып құрғатылғаннан кейін электрлі байыту әдісімен титан және цирконий концентраттарына бөлінеді (титан минералды тоқ өткізгіштер, ал циркон тоқ өткізбейді). Одан әрі концентрат магнитті, электрлі және гравитациялық әдістерімен қосымша байытылып төрт-бес өнім алынады. Мысалы, титан концентраты ильменитті және рутилді концентраттарға бөлінеді. Оның мәні екі сортты титан концентратын алу: ильменитті концентратта титанның проценттік үлесі 60-61,5% болса, рутилді концентратта 91-95%-ке тең. Сондай-ақ циркон концентратынан екі сортты алюминий концентраттары бөлінеді.

Түсті металдар кендерін комплексті пайдалану. Әр кен түрін сипаттауда келтірілген деректерден түсті металдар кендерінің құрамдары күрделі, комплексті екені көрсетілді. Әр кенде негізгі металдармен бірге көптеген сирек және шашыранды элементтер, асыл металдар, барит және басқада бағалы заттар кездеседі. Сирек және шашыранды элементтер көпшілік жағдайда негізгі металл минералдардың құрамына изоморфты қосымша ретінде кіреді. Сондықтан олардың кеннен толық бөлінуі негізгі минералдардың бөліну дәрежесіне тікелей тәуелді.

Мыс, қорғасын және мырыш кендерінде алтынның негізгі массасы сульфидті минералдардың құрамында кездеседі де, тек аз мөлшерде сап алтын түрінде (самородный) болады. Оның тығыздығының өте жоғарылығына (19), жұмсақтығына және ірілеу (1-2 дм-ге жетеді) келетіндігіне байланысты ұнтақтау циклінде пульпаны отсадкалау машинасынан өткізу арқылы бөліп алады.

Сульфидті минералдар құрамындағы алтын және басқа элементтер концентраттарды металлургиялық өңдеу кезінде әртүрлі өнімдерге шығады да, артынан арнаулы технологияларды қолдану арқылы таза түрінде алынады.

Кендерде барит болса ол сульфидтер бөлінгеннен кейін флотоцияланады. Барит концентраты химия өнеркәсібінде, мұнай шығаруда ауырлатқыш ретінде және басқада салаларда қолданылады.

Түсті металдар кендерінің құрамында көптеген салаларда пайдалануға болатын бірсыпыра заттар болады. Мысалы, қалдықтан алюминий өндірісінің шикізаты ретінде глинозем, құрылыс материалдары ретінде қолдануға болатын көптеген өнімдер, магнетитті концентрат, шыны өндірісіне керек кварц құмы, полевошпатты концентрат және тағы басқаларды алуға болады.

Бірсыпыра фабрикаларда қалдық кен қазылып алынған алқаптарды толтыруға қолданылады.

Кендерді неғұрлым комплексті пайдалану оларды қазып алу және өңдеуде шығарылатын қаржылардың тиімділігін соғұрлым арттырады.

16.3 Қара металдар кендерін байыту

Қара металдарға темір, марганец және хром жатады. Бұл металдар кендерінің түсті металдар кендерінен үлкен айырмашылығы металдардың кендегі проценттік үлестері жоғары және ірі сеппелі келеді. Соған байланысты кейбір бай кендер байытусыз тікелей металлургиялық өңдеуге түседі. Мысалы, біздің елде пайдаланылатын темір кендерінің 17-18 %-ті ондағы темір үлесінің жоғарылығынан байытуды қажет етпейді.

Темір кендерін байыту. Темір негізінде төрт түрлі кендерден алынады: 1) Магнетитті кендер. Темір оларда магнетит минералы – Fe_3O_4 түрінде болады және олар темір қорының 60 %-ін құрайды; 2) Гематитті кендер (15 %). Темір оларда гематит минералы – Fe_2O_3 түрінде болады; 3) Қоңыр түсті кендер (20 %); 4) Сидеритті – $FeCO_3$ (5 %) кендер.

Өндірісте темірдің негізгі магнетитті және гематитті кендерден өндіріледі. Олардың бай түрлері (темір үлесі 45-56 %-не жететіндер) тікелей домна пештерінде қорытылады. Тек алдын-ала 50-80 мм-ге дейін ұсталып, домналарға 10 мм-ден ірі кластар түсіріледі. Ұсақ класс (-10 +0мм) байыту процестерінен өткізіледі.

Магнетитті кендердің негізі магнетиттен тұрады. Оның магнитті қасиеті жоғары. Сондықтан олар магнитті әдіспен байытылады. Сеппелік дәрежесіне қарай әртүрлі ірілікке дейін ұсатылған не ұнтақталған кен не құрғақ не пульпа түрінде магниттік бөлгіштерге түсіріледі. Сеппелігіне қарай тым ұсақ ұнтақталған кен флотациялық әдіспен байытылады.

Кен құрамында кейде титан, кобальт, ванадий және басқа металдар минералдары кездеседі. Соған байланысты магнитті, гравитациялық және флотациялық әдістердің әртүрлі комбинацияларыда қолданылады және сатылы байыту кеңінен тараған.

Кейде гематитті кендер гравитациялық және магнитті әдістермен байытылады. Гематиттің магнитті қасиеті мардымсыз. Соған байланысты егер ұсақ түйіршікті кен байытылса жоғары кернеулі магнитті өрісті бөлгіштер қолданылады. Егер кен кесектеу келсе магниттілік қасиетін арттыру мақсатымен жоғары температурада тотықсыздандырғыш заттармен (мысалы, кокс) қосып қыздырылады.

Қоңыр темір кендерінде темір лимонит минералы ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$) түрінде болады. Оның магнитті қасиетінің жоқтығына байланысты гравитациялық және флотациялық байыту әдістері қолданылады. Кей кезде магниттендіргіш қыздыру қолданылып магнитті әдіспенде байытылады.

Сидеритті кендер қоңыр темір кендеріне ұқсас байытылады.

Марганец кендерін байыту. Марганецтің негізгі минералдары: пиролюзит (MnO_2), манганит ($Mn_2O_3 \cdot H_2O$), псиломелин ($mMn_2O_2 \cdot MnO \cdot nH_2O$),

родохрозит ($MnCO_3$) және браунит (Mn_2O_3). Кендерде бұл минералдар әртүрлі қатынаста аралас кездеседі. Барлығының мардымсыз магнитті қасиеттері бар.

Байыту алдында кендер көпшілік жағдайда жуып-шаю процесінен өткізіледі. Ірілігіне қарай магнитті, гравитациялық және флотациялық әдістер қолданылады.

Жоғары сапалы концентраттар алу мақсатымен байыту әдістерімен тазаланбайтын кіріспе заттарды бөлу үшін кейде химиялық байыту әдістеріде қолданылады (марганец минералдары ерітіледі де, басқалары шөгінді түрінде қалады).

Хром кендерін байыту. Хромның негізгі минералдары: хромит, ($FeO_2Cr_2O_3$) және магнохромит ($(Mg_2Fe)Cr_2O_4$).

Кенде Cr_2O_3 үлесі 45 %-тен көп болса байытуды қажет етпейді. Олар тек ұсатылып, әртүрлі ірілік кластарға бөлінеді де, металлургиялық өндеуге түседі.

Хром кендері гравитациялық әдіспен байытылады. Ірі кластар ауыр ортада байыту процесіне, ал ұсақтаулары отсадкамен столдарда, шлюздерде және аппараттарда байытылады.

Хром концентраттарында оның проценттік үлесі 48%-тен кем болмауы қажет.

Қара металдар кендеріде комплексті болып келеді. Олардың құрамында титан, ванадий, мыс, қобальт, никель, апатит, барит, флюорит және басқалары кездеседі. Кен құрамында қандай күйде болатындарына қарай олар жеке концентраттарға бөлінеді. Ол үшін байыту әдістерінің көптеген комбинациялары қолданылуы қажет.

16.4 Металл емес пайдалы қазбаларды байыту

Пайдалы қазбалардың бұл түріне фосфорит, калий, күкірт, графит, асбест және тағы басқалары жатады.

Фосфор кендері апатитті және фосфоритті болып бөлінеді. Кендер ұсақ сеппелі түрде кездеседі. Сондықтан негізгі байыту әдісі ретінде флотация қолданылады.

Апатит ($Ca_5(PO_4)_3F(Cl)$) флотациялауда жыйнағыш реагент ретінде тотықты минералдарға қолданылатын бірнеше реагенттер қатары қолданылады. Концентратта P_2O_5 проценттік үлесі – 39,5%-тен кем болмауы қажет (бастапқы кенде орташа 15-17% болады).

Апатит кенінде жиі нефелин ($(Na,K)AlSiO_4$) кездеседі (алюминдік шикізат). Ол апатиттен кейін флотацияланады.

Фосфориттің ($Ca_{10}(PO_4)_5F_2$) кенде проценттік үлесі 20 %-тен артса байытусыз пайдаланылады. Оны ұнтақтап әр түрлі сортты фосфорлы ұн алынады.

Кедей фосфоритті кендерден (7-15 %) кейде тек балшықты заттардан тазарту нәтижесінде даяр концентрат алынуы мүмкін. Егер кен флотациялық әдіспен байытылса P_2O_5 үлесі 26-28 %-не дейін жетеді.

Кеннің құрамына қарай көптеген жыйнағыш реагенттер түрлері, басқыштар қолданылады.

Калий кендерінде калий негізінде сильвин (KCl) түрінде болады. Онымен бірге көбінде галит (NaCl) кездеседі.

Калий кендерінің дені құнарландырғыштар ретінде қолданылады. Концентраттарда KCl проценттік үлесі 90-95 % шамасында болуы қажет (кенде 20-30 % шамасында өзгереді). Байытуда тек флотациялық әдіс қолданылады.

Бұл кендердің ерекшелігі сол – калий және натрий минералдары суда жақсы ериді. Сондықтан флотация олардың қаныққан ерітінділерінде жүргізіледі. Тау-жыныс минералдарының басқышы ретінде сұйық шны қолданылады.

Күкірт кендерінде күкірт элементарлы (S) күйінде болады. Оның кендегі үлесі 10-25 %, ал концентраттарында 70-80 %-ке жетеді.

Күкірт табиғи сумен аз әрекеттесетін зат, демек флотациялану қасиеті жоғары. Кен ұсақтау және ірі ұнтақтаудан кейін қарапайым байыту схемасымен (негізгі флотация, бір-екі тазарту және бақылау операциялары) оңай флотацияланады. Жыйнағыш реагенті ретінде полярсыз заттар, көбінде керосин қолданылады.

Концентраттан таза күкірт балқыту арқылы бөлінеді. Негізгі массасы күкірт қышқылын өндіруге жұмсалады.

Графит кені байытылу жағынан күкірт кеніне ұқсас. Онда кенде элементарлы (C) күйде болады. Сумен аз әрекеттесетін минерал. Сондықтан олда полярсыз жыйнағышпен (мысалы керосинмен) оңай флотацияланады. Ұнтақтау 0,6-0,8 мм-ге дейін жүргізіледі.

Графит концентратының сапасына қойылатын талаптардың жоғарылығына байланысты тазалау операцияларының саны кейде 8-10 болуы мүмкін.

Асбест кендерде екі түрде кездеседі: хризотил-асбест ($H_4 Mg_3 Si_2 O_3$) және оның әртүрлі модификациясынан тұратын амфибол-асбест. Кейінгілердің құрамына әртүрлі мөлшерде темір, кальций және натрий кіреді.

Асбестің басқа барлық минералдардан ерекшелігі ол ұзын талшықты. Неғұрлым талшықтары ұзын болса соғұрлым жоғары сапалы деп саналады. Сол үшін байыту ұсату стадияларында сатылы жүргізіледі. Байыту ауа ортасында (демек құрғақ күйде) жүргізіледі. Оны басқа минералдардан бөлу талшықтардың ұзындығына байланысты жазық бетпен түйсетін ауданның үлкендігіне, демек үйкеліс күшінің молдығына негізделген, не (қысқа талшықты кен байытылғанда) ауаның соруымен бөлінеді.

Флюорит (CaF_2) кендерін байыту. Флюорит өндірісте және техникада қойылатын талаптарына сай көптеген сорттары (флюорит үлесі 20-97% аралығында өзгереді) алынады. Концентраттың сапасы тау-жыныс минералдарының құрамымен анықталады. Егер кейінгілердің негізі кварцтан тұрса жоғары сапалы концентрат, ал егер карбонатты минералдардан тұрса

төменгі сапалы концентрат алынады. Карбонатты кендер байытылғанда көптеген реагенттердің комбинациялары колданылады.

Флюорит-барит кендері байытылғанда егер бариттің үлесі 20 % -тен аз болса, алдымен флюорит флотацияланады да, егер 20%-тен жоғары болса алдымен барит флотацияланады.

16.5 Көмір байыту

Көмір жер қойнауында органикалық заттардың өзгеруінен пайда болған. Ол табиғи аз су жұқтырғыш зат. Көмір құрамында көптеген аорганикалық заттар (силикаттар, карбонаттар, сульфидтер, фосфаттар және тағы басқалары) кездеседі. Солардың үлесіне қарай көмірдің қасиеті көп өзгереді. Оның сапасы 800-825°C мөлшерінде белгілі бір жағдайда (ол жағдай стандартталған) жаққанда қалатын күлдің массасының бастапқы көмірдегі проценттік үлесімен сипатталады. Оны көмірдің *күлденуі* деп атайды. Неғұрлым күл аз шықса, көмірдің сапасы соғұрлым жоғары болғаны.

Көмірді байытудың қажеті құрамындағы аорганикалық заттардың үлесімен, демек күлденуімен анықталады. Осыған байланысты көмір көптеген сорттарға бөлінеді: ұзын жалынды (Д), газды (Г), майлы газды (ГЖ), майлы (Ж), коксты (К), антрацит (А) және тағы басқалар.

Ең жоғары сапалы көмір кокс алу үшін пайдаланылады. Сол мақсатпен көмір байытылғанда күрделі схемалар және тиімді процестер де қолданылады. Отын ретінде қолднылатын көмірді *энергетикалық көмір* деп атайды. Оларға біраз төмен талаптар қойылады.

Көмір гравитациялық және флотациялық әдістермен байытылады. Ірілігі 300 м-ге дейін ұсатылған көмір көбінде үш классқа бөлінеді. -300+10, -10+0,5 және -0.5 +0. Ең ірі класс ауыр ортада байытылады. Ортаңғы класс отсадкалаумен, ұсақ флотация әдісімен байытылады.

Байыту схемалары байыту процестерінен басқа суспензия регенерациялау және көптеген сусызданыру процестерінен тұрады.

Әр кен орнында алынатын көмірдің қасиетіне қарай және қолдану мақсатына қарай күлдену шамалары бекітілген. Мысалы, кокс алынатын көмірінің күлденуі 7,5-13,8 % аралығында (кен орнына қарай) болса, энергетикалық көмірде ол 37,5 %-ке дейін болуы мүмкін.

Көмір құрамындағы өте зиянды затқа (әсіресе коксті көмірде) күкірт жатады. Ол көмір құрамына сульфидті қосылыстар түрінде болады.

Көмір құрамынан байыту кезінде алынатын көптеген заттарды халық шаруашылығында өте тиімді пайдалануға болады. Қазір, мысалы, көмір жаққанда алынатын күл құрылыс өндірісінде кеңінен қолданылуда. Олардан кірпіш құйылады, бетон өндірілгенде оның құрамына кіргізіледі, әртүрлі құрылыста жылу ұстағыш зат есебінде пайдаланылады және т.с.с.

Көмір көптеген органикалық химиялық заттардың көзі. Одан құрғақ айдау процесімен әр құрамды газдар, сұйық және қатты заттар алуға болады.

Көмірді комплексті пайдаланудың халық шаруашылығында маңызы өте зор.

17 Минералды шикізаттарды комплексті пайдалану

Қазіргі кезде дүние жүзінде жерден жылына мөлшері 10^7 т шикізат алынады. Ол бір адамға шақса 20 тоннадан келеді екен. Ал бұл көлем жорамал бойынша 2010 жылға дейін үш еседей өспекші, осындай үлкен көлемді қазып алынатын заттың орта есеппен тек 30-40 %-ті ғана пайдаланылады. Қалғаны жер бетінде қалдық ретінде қалады. Оның негізін пайдаланылмайтын тау-жыныстары құраса, 20-30 %-ті қазбаларды өңдеу кезінде қалдық түрінде (байыту фабрикаларынан шығатын қалдық, кара және түсті металлургия өндірісінен шлактар, электр стайцияларында шығатын күл және т. б.) алынады. Өңдеу кезінде шығатын қалдықтармен бірге бағалы заттарда жоғалады. Неғұрлым қазбалардың сапасы төмендеген сайын, соғұрлым қалдық көлемі арта береді. Сонымен қатар олардың құрамынан бағалы заттарды бөлу дәрежесі де азая береді. Демек, шығын тек қазбаларды қазып алуға және өңдеуге ғана жұмсалып қоймай, қалдықтарды тасымалдауға және оларды белгілі орындарға жыйнап сақтауға, қоршаған ортаны олардың зиянды әсерлерінен қорғауға жұмсалады. Осыған байланысты қазбалардың әр тоннасына жұмсалатын шығын көлемін (өзіндік құнын) азайтудың айқын жолы оларды неғұрлым комплексті пайдалану. Әсіресе байыту, химиялық және металлургиялық өңдеу және қалдықтарды іске жаратудың маңызы өте зор. Тек осы бағытты нақтылы өрістету жолында бір-бірімен тығыз байланысты үш проблеманы шешуге мүмкіндік туады:

– қазбаларды толығырақ пайдалану нәтижесінде қазып алу және өңдеудің өзіндік құны төмендейді.

– шығатын қалдықты мейлінше азайту оларды тасымалдауға және сақтауға жұмсалатын шығынды төмендетуге мүмкіндік тудырады.

– қалдықтың көлемінің азаюы олардың қоршаған ортаға тигізетін зиянды әсерін төмендетеді.

Бұл проблемаларды шешу үшін әрине көптеген технологиялық ізденістер, экономикалық талдаулар және ұйымдастыру жұмыстары белгілі бір жүйемен жүргізілуі тиіс.

Жер қойнауында жүретін геохимиялық процестерге байланысты кен орындарының көпшілігі күрделі құрамды, демек комплексті болып кездеседі.

Мысалы, темір кендердің құрамында әр дайым азды көпті мөлшерде күкірт, кобальт, никель, ванадий, мыс, мырыш, қорғасын, алтын, күміс, селен, теллур, кадмий және германий кездеседі. Байыту кезінде қосалқы кездесетін түсті және сирек кездесетін металдар тек белгілі бір минералдар құрамына кіреді. Сондай минералға темір минералы пирит (FeS_2) жатады. Ал бұл кендерден темірдің негізгі минералдары магнетит және гематит магнитті бөлу әдісімен алынады. Пириттің магнитті қасиеті болғандықтан ол және оның құрамындағы басқа металдар қалдықта қалып қояды. Пиритті қосымша әдіспен бөлу не бөлмеу қажеті оның құрамындағы басқа металдардың проценттік үлесімен анықталады. Егер оларды бөлуге жұмсалатын шығын көлемі алынатын бағалы заттардың құнынан көп

жоғары болса, онда оларды бөлу тиімсіз деп саналады. Осы тұрғыдан қаралып қазіргі күнге дейін көпшілік темір кендерінен бағалы заттар толық алынбай келеді.

Кейбір металдардың негізгі массасы (күміс, висмут, платина және платиноидтар) сол сияқты алтынның 20%-ті, сирек және шашыранды кездесетін элементтер кендерде тек басқа металдардың минералдар құрамына кіреді. Демек, олар тек комплексті кендердің құрамынан бөлінеді. Мысалы, германийдың негізгі көзі жылу энергетикалық орталақтарынан (ТЭЦ) шығатын күл болады, демек германий көмірде кездеседі. Сол сияқты, ол кейбір сульфидті кендерден алынады. Көмірлердің бір тоннасында 2-10 г мөлшерінде болады. Селен мыс сульфидті кендердің тоннасында 5-80 г мөлшерінде болады. Сирек және шашыранды элементтер сульфидті кендерден алынатын негізгі металдар (қорғасын, мыс, мырыш және т.б.) концентраттарының бір тоннасында ондаған грамм мөлшерінде болады. Оларды кендерден толығырақ бөлуге маңызды әсер ететін бір жай белгілі элементтің кенде неше минералдың құрамына кіруі: ол негізінен тек бір минералдың құрамында болса не кеннен оңай бөлінетін минералдар құрамында болса толығырақ бөлінеді. Мысалы, галлийдің негізі пирит, сфалерит және галенитте кездеседі. Бұл үш минералда кеннен жақсы бөлінеді, демек галлийді кеннен бөліп алу дәрежесі әжептәуір жоғары. Кадмий мен индий негізінде сфалеритте кездеседі.

Сульфидті кендерден металдардан басқа жиі өндірілетін зат күкірт қышқылы. Ол үшін концентраттарды металлургиялық өндегенде шығатын күкірт газы пайдаланылады.

Байыту фабрикаларында кендерден проценттік үлесі жоғары меншікті минералдары бар негізгі металдар концентраттары бөлінеді. Кендегі басқа қосалқы бағалы заттар (әсіресе сирек және шашыранды элементтер) сол концентраттарға шығады. Олар негізгі минералдар құрамынан концентраттарды металлургиялық не химиялық өңдеу процесінде бөлінеді. Көбінесе олар қыздыру процестерінде шығатын шанда, еріту процестерінде шығатын қалдықтарда (шлам) және тағы кейбір түрде алынады. Осындай екі аралық өнімдер одан әрі күрделі технологиялық қолдану арқылы өңделіп ақырғы өнімдер алынады.

Кендерді комплексті пайдалану олардан тек өте бағалы заттарды ғана бөлуде емес, солармен қатар көптеген металға жатпайтын заттарды бөліп пайдалануды көздейді. Мысалы, құрамында барит бар кендерден химия және мұнай өндірістеріне керекті барит концентраты алынады. Бірсыпыра байыту фабрикаларында негізгі концентраттармен бірге слюда және дала шпаты концентраттары, кварц құмы, жай құм, гравий, өртеп күкірт газын алуға пайдаланылатын пирит концентраты және тағы басқа өнімдер алынады. Пиритте көпшілік жағдайда алтын, күміс, мыс, селен, теллур азды көпті мөлшерде кездеседі. Ондай концентраттар арнаулы технологиялық процестермен өңделіп бағалы заттар бөлініп алынады.

Күрделі құрамды кендерді комплексті пайдалануға ең басты роль атқаратын жай - өңдеу технологияларын жетілдіру. Кен құрамындағы минералдардың көп түрлі қасиетті болуына байланысты қазіргі көптеген байыту фабрикаларында бірнеше байыту әдістері қолданылады. Бірақ соның өзінде пайдалануға болатын көптеген заттар бөлінбей қалдықта қалып келеді. Тәжірибе айқын көрсетіп отырған бір жай – кендерді комплексті пайдаланудың нақтылы жолы өңдеу технологиясында байыту, химиялық және металлургиялық процестердің тиімді бірлігін тауып қолдану.

Кен түрлерінің көптеген және олардың күрделі құрамды болуына байланысты олардың барлығын комплексті пайдаланудың егжей тегжейіне тоқталу бұл оқулықтың программасына кірмейді. Төменде тек жиі кездесетін, әсіресе Қазақстан жерінде басты түсті металдар кендерін комплексті пайдалану және олардан алынатын қалдықтарды пайдаға асыру жолдары қысқаша қарастырылады.

Құрамында бағалы заттардың саны және үлесі тұрғысынан қарағанда түсті металдар кендерінің қара металдар кендерінен және көмірмен салыстырғанда үлкен айырмашылықтары бар. Қара металдардың кендегі үлестері орта есеппен 20-50 % болса, көмірде негізгі заттың үлесі 70-90% болса, түсті металдардың кендегі үлесі орташа 1-5% болып кездеседі. Осының нәтижесінде оларды байытқанда шығатын қалдықтың көлемі үлкен. Екіншіден түсті металдар кендерінде бағалы зат сандары көп болып кездеседі, демек олардың комплексті дәрежесі жоғары келеді.

Көпшілік түсті металдар кендерінің бір қасиеті: олардағы бағалы минералдардың сеппелік дәрежесі жоғары келеді.

Соған байланысты олар байыту алдында әртүрлі дәрежеге дейін ұнтақталады. Демек, бағалы минералдарды ажырату процесіндегі кендегі барлық тау жыныс минералдарды бірге ұнтақталады. Мұның өзі оларды шаруашылықтың әртүрлі саласында пайдалануға көп әсерін тигізеді. Сонымен бірге ұнтақ түріндегі қалдықты арнайы сақтау орнында жинап отыруда өз ерекшеліктері бар. Түсті металдар кендерін өңдеудің тағы бір үлкен ерекшелігі олардың комплекстігіне байланысты бірнеше өнім алу үшін күрделі технология және көптеген зиянды қасиетті заттар қолданылады.

Көпшілік кендер негізінде гравитациялық және флотациялау әдістерімен байытылуына байланысты су шығымы жоғары. Кендердің сапаларының төмендеуімен байланысты жылдан жылға олардың байытуға түсетін көлемі өсуде. Соған байланысты қажетті су көлемінде ұлғаюда. Бірақ таза суды үнемдеу және фабрикалардан шығаратын былғанған суды таза су көздеріне түсірмеу үшін байыту фабрикаларында айналмалы сумен жабдықтау жұмыстары жүргізілуде, демек былғанған су белгілі дәрежеде тазартылып процеске қайтарылады. Қазіргі кезде орта есеппен байыту фабрикаларында таза су көлемі (30-50 %) қысқартылды. Комплексті түсті металдар кендерін байытуда айналмалы суда әрдайым азды көпті химиялық заттар (флотореагенттер) қалады. Олар көпшілік

жағдайда минералдарды бір бірімен толық бөлуге кері әсерін тигізеді. Сондықтан айналмалы су әртүрлі тазалау процестерінен өткізуді қажет етеді.

Осы келтірілген жайлардан түсті металдар кендерінен комплексті пайдалану бірсыпыра проблемаларды шешумен тығыз байланысты екенін көруге болады.

Комплексті түсті металдар кендерінің негізгі топтары мыналар: мыс, қорғасын, мырыш, мыс никель, қалайы, вольфрам молибден кендері. Осы кен топтарының құрамдарынан өндірісте 70-ден аса элементтер және 700-дей өнім түрлері (таза элементтерден басқа олардың химиялық қосылыстары) алынады. Қосымша алынатын өнімдердің құны алынатын жалпы товарлы зат құнның 30%-дей. Тек байыту фабрикаларында алынатын өнімдерінің саны қазір 30-ға жетті. Мысалы, мыс кендерінен жеті түрлі концентраттар (мысты, мырышты, пиритті, молибденді, магнетитті, қорғасынды, баритті) алынады. Ал олардың әр қайсысының құрамында бірнеше бағалы заттар кездеседі. Жалпы кен құрамындағы бағалы заттарды үш топқа бөлуге болады:

1. Негізгі металдар. Олардың минералдары жеке концентраттарға бөлінеді.

2. Қосалқы кездесетін түсті металдар. Әдетте олардың кендегі проценттік үлесі негізгі металдардан көп төмен болады. Олардың минералдары үлес дәрежесіне қарай не жеке концентраттарға бөлінеді не жартылай өнім ретінде алынуы мүмкін.

3. Сирек және шашыранды кездесетін элементтер. Олар көбінде басқа металдардың минералдардың құрамында болады. Сондықтан олардың жеке концентраттары алынбайды. Олардың кеннен бөлініп алу дәрежесі басқа металдардың бөлінуі дәрежесіне тәуелді. Соған байланысты байыту кезінде құрамында өте бағалы сирек және шашыранды кездесетін элементтер бар минералды неғұрлым толық бөлу қажет. Ал ол үшін, әрине, кеннің химиялық және минералогиялық құрамы мұқият талданып, тиімді технологиялық өңдеу жүйесін табу қажет.

17.1 Түсті металдар кендерін комплексті пайдалану

Мыс кендерін комплексті пайдалану. Мыс кендерінде кездесетін элементтердің жалпы саны 25-ке жетеді. Олардың ішінде өндірістік маңызы бар элементтерге жататындар: селен, теллур, индий, германий, кадмий, мышьяк, алтын және күміс. Ақырғы екеуі негізінде мыс және пирит концентраттарында шоғырланады да, сирек және шашыранды элементтердің негізі пирит концентраттарына және қалдыққа шығады.

Мыс және пирит концентраттары кеннен флотациялау әдісімен бөлінеді. Егер кенде магнитті қасиетті темір минералдары (магнетит, гематит) болса, онда олар флотациялаудан шыққан қалдықты магнитті байыту әдісімен өңдеу арқылы бөлініп алынады.

Алтын, күміс, сирек және шашыранды элементтер мыс және пирит концентраттарын металлургиялық әдістермен өндегенде шығатын әр түрлі жартылай өнімдер құрамына шығады.

Егер кенде алтын және күміс ірі сеппелі түрде кездесе, онда олар гравитациялық әдіспен бөлініп алынады. Ол үшін ұнтақтауға қойылған басқа диірменнен шыққан зат (тек ірі ұнтақталып қана үлгерген) бір не екі камералы отсадкалау машинасы арқылы өткізіледі. Сонда тығыздығы үлкен ауыр түйіршіктер камераларда шөгіп бөлінеді де, ал кеннің массасы классификаторға түседі.

Сирек және шашыранды элементтердің кейбірінің негізі (сол сияқты алтын мен күмісте) концентраттарға шықпай қалдықта қалып қойса оны бөліп алудың технологиясын жасау үшін алдымен қалдық құрамындағы қай минералдармен байланысты екенін анықтау қажет. Егер ол элементтер тек бір ғана тау жыныс минералымен байланысты болса, онда сол минералды қалдықтан бөлу жолын табу керек, яғни технологиясын жасау қажет. Егер ол элемент бірнеше таужыныс минералдарының құрамына кірсе онда оны бөлу мәселесі қиындайды.

Жоғарыда келтірілген жайлардан кендерді комплексті пайдалануда олардың элементтік, минералдың құрамын және өзара байланыс ерекшеліктерін анықтаудың маңызы өте зор екенін байқауға болады.

Қорғасынды-мырыш кендерін комплексті пайдалану. Бұл кендерден 18 элемент және 40 түрлі товарлы өнімдер алынады. Байыту сатысында кендерден қорғасын, мырыш және пирит концентраттары алынады. Егер кенде мыс болса онда әдетте жеке концентрат түрінде бөлінеді. Кендерде кездесетін алтын, күміс, сирек және шашыранды элементтер көрсетілген концентраттар құрамына шығады. Олар жеке не химиялық қосылыстар түрінде сол концентраттарды металлургиялық және химиялық өндеуде алынады. Осыған байланысты кендерді комплексті пайдалануда металлургиялық және химиялық процестердің дамуының зор маңызы бар.

Негізгі және олармен бірге қосалқы элементтердің кеннен бөліну дәрежесін арттыруда байыту фабрикаларында ауыр ортада байыту цехтарын іске қосу елеулі роль атқарады. Зырян қорғасын комбинатында ауыр суспензия қолдану нәтижесінде мырышпен қорғасынды бөлу дәрежелері бірнеше процентке артты және реагенттердің шығымы 15-20% төмендеді. Лениногор комбинатында да ауыр суспензия қолдану нәтижесінде металдардың бөліну дәрежелері артты. Ауыр суспензияда байытудың тағы бір үлкен ерекшелігі тау-жыныс минералдарының белгілі мөлшері ірі түрде бөлініп алынады. Олар жер астында кен алынғаннан кейін пайда болатын үңгірлерді толтырып бітеуге қолданылады. Соның нәтижесінде тас алу мақсатымен арнаулы карьерлер ашудың, оларды жабдықтаудың қажеті жоқ.

Никель кендерін комплексті пайдалану. Никель кендері де күрделі құрамды болып келеді. Оларда әрдайым өндірістік мөлшерде өндірістік мыс кездеседі. Соған байланысты олар мыс-никельді кендер деп аталады. Қосымшалар ретінде оларда алтын, күміс, платина, селен, теллур және басқалары кездеседі. Көптеген мөлшерде пирротиннің (темір минералы)

болуына байланысты ол жеке концентратқа бөлінеді. Одан металлургиялық өңдеу кезінде никель алынады және күкірт газы бөлінеді.

Негізгі бағалы минералдардың өзара өте тығыз байланысты болуымен байланысты оларды тек байыту әдістерімен бір-бірінен толық бөлу өте қиын. Сондықтан бастапқы байыту сатысында қойылатын мақсат – бағалы заттарды кеннен неғұрлым толығырақ айыру, ал жоғары сапалы өнімдер алу үшін бастапқы концентраттар кейін байыту, пиро және гидрометаллургиялық процестерді белгілі бір жүйемен қатар қолдану арқылы өңделеді.

Қалайы кендерін комплексті пайдалану. Бұл кендерде жиі кездесетін қосалқы металдарға жататындар: вольфрам, мыс, қорғасын, мырыш, висмут, индий, кадмий және тағы басқалары. Металдардың көп түрлі минералдардың құрамында болуы, әсіресе минералдардың сульфидті және тотықты болып кездесуі, қалайының негізгі минералы қасиеттерін әртүрлі сеппелі түрде болуы күрделі технологиялық схемалар және әртүрлі байыту әдістерін қолдану қажет етеді. Осыған байланысты химиялық және минерологиялық құрамдарына қарай қалайы кендері бірнеше топтарға бөлінеді (гидростаннат-карбонатты, қалайы-полиметалды, қалайы-вольфрамды және т.б.). Әр топқа жататын кендер үшін тәжірибеде белгілі бір технологиялық жүйелер табылған.

Гидростаннат-карбонатты кендерді ірі және орта ұсату сатыларынан кейін ауыр суспензияда байыту арқылы кеннен шығымы 40 %-ке жуық товарлы доломит өнімі алынады (ауыр фракция ретінде). Жеңіл фракцияны белгілі ұнтақтыққа жеткізгеннен кейін отсадка не столдар қолдану арқылы қалайы концентраты бөлінеді.

Қалайы полиметалды кендерден қалайы және коллективті сульфидті концентраттар алынады. Ол үшін алдымен кеннен сульфидті концентрат гравитациялық әдіспен бөлінеді де, оны флотациялау не флотогравитациялау арқылы сульфидті минералдар және қалайы концентраттары жеке алынады. Көпшілік жағдайда сульфидті концентратта негізгі металдар (мыс, қорғасын, мырыш темір) үлесі өте аз келеді. Оларды бөліп алудағы мақсат – қалайы концентраттарының сапасын арттыру және сульфидті минералдар құрамынан сирек және шашыранды элементтерді бөліп алу.

Қалайы-вольфрамды кендер көбінде ірі сеппелі келеді және пайдалы минералдар үлкен тығыздықты болғандықтан кеннен гравитациялық коллективті концентрат алынады. Оны жеке концентраттарға бөлу не магнитті әдіспен (егер вольфрам вольфрамит түрінде болса) не флотациялық әдіспен (егер вольфрам шеелит түрінде болса) жүргізіледі.

Келтірілген құрамында бағалы заттар бар концентраттардан басқа кейбір кендерден негізі кварцтан тұратын қалдық қажетті өнім түрінде алынады. Одан силикат кірпіші жасалады. Жеңіл фракция (ауыр суспензияда алынатын) құрылыс материалы ретінде пайдаланылады.

Вольфрам молибденді кендерді комплексті пайдалану. Негізгі металдардан басқа бұл кендерде қалайы, мыс, мырыш, висмут, күміс, кадмий, флюорит, калий слюдалары және дала шпаттары кездеседі. Байыту фабрикаларында байыту әдістерімен қатар гидрометаллургиялық процестерді

қолдану арқылы көптеген өнім түрлері алынады. Оларға жататындар: қалайы концентраты, мырыш концентраты (оның құрамына күміс, висмут және кадмий бөлінеді), вольфрам-флюоритті коллективті концентрат (ол гидрометаллургиялық әдіспен өңделеді), кальцит, молибденит және мыс-висмутты концентраттар, шеелит концентраты, молибден-висмутты концентрат.

Байытудан алынған қалдықтарда кварц үлесі мол болса олар силикат кірпішін және асфальт бетон жасауға қолданылады. Егер қалдықтың негізгі массасы известняктан тұрса, ол цемент және бетон жасауда пайдаланылады.

Жоғарыда келтірілген өнімдерді алуға гравитациялық, флотациялау және электромагнитті байыту әдістері қолданылады. Коллективті концентраттар (мыс-висмутты және молибден-висмутты өнімдер) гидрометаллургиялық процестермен өңделгенде молибден, қалайы-молибден тұзы, ал висмут нитрат тұзы түрінде алынады. Күміс және кадмий сульфидті концентраты арнаулы технологиямен өңделгенде бөлінеді.

Сирек металды кендерді комплексті пайдалану. Бұларға жататындар: титан-циркон шашыранды кендері, тантал-ниобий кендері және тағы басқалары.

Титан-цирконий кендерін өндегенде көптеген өндіріс салаларында қолданылатын өнімдер алынады: титан және цирконий, құймалардың қасиетін өзгертетін қосындылар, отқа төзімді заттар, шыны және құрылыс материалдары, пысырғыш электродтар және т.б.

Байыту процесінде алынатын балшықты фракциядан керамика, ыдыс жасауға қажетті зат және тағы сол сияқты мақсаттарға қолдануға болады.

Титан-магний концентраттарын металлургиялық процестермен өндегенде сұйық не қатты түрде шығатын хлорлы заттардан әр түрлі өндірісте қолданылатын товарлы өнімдер алынады. Мұның өзі қоршаған ортаға әр түрлі қалдықпен шығатын хлордың көлемін жартылай азайтуға және одан тазартуға жұмсалатын шығынды төмендетуге мүмкіндік тудырады.

Циркон тотығын өндіруге қосалқы хлорлы кремнийді алу оның өзіндік құнын 30 %-ке төмендетіліп, онымен қоса қалдықтарды азайтуға жол ашты.

Байыту сатысында кендерден титан және циркон концентраттары басында гравитациялық және магнитті әдістермен коллективті концентрат түрінде алынса, ол магнитті және электрлі әдістермен жеке концентраттарға бөлінеді.

Гравитациялық байытудан алынатынын қалдықтар кен алынған қуыстарды толтыруға және құрылыс материалдары ретінде падаланылады.

Тантал, ниобий, цезий және басқалары сирек металды пегматитті кендерден алынады. Гравитациялық және флотациялау әдістерімен тантал, ниобий және литий концентраттары бөлінеді. Бұлармен бірге байыту фабрикаларында қазіргі кезде слюда, дала шпаты және кварц өнімдерін алу игерілді. Демек, бұл кендерді іс жүзінде қалдықсыз өңдеу мүмкіндігі бар.

Қазіргі кезде бұл кендерден тантал, ниобий және литийді бөліп алу дәрежесі төмен 60-70 %. Осыған байланысты және концентраттардың

сапасын арттыру мақсатымен байыту әдістерін жетілдірумен қатар гидрометаллургиялық процестерді қолдану мүмкіндігі зерттелуде.

Сирек металды карбонатты кендерді байытуда цемент өндірісінде керекті карбонатты өнім алу мүмкіндігі анықталды. Бір кен орнынан шығатын комплексті кеннен вольфрам, тантал, бериллий және мусковит концентраттарын алу технологиясы белгіленді. Мұнда гравитациялық және флотациялау әдістері қолданылады.

Демек, сирек металды кендер көпшілік жағдайда комплексті келеді. Олардың құрамында 20-ға жуық элементтер кездеседі. Мысалы, лопарит атты тек бір минерал құрамында элементтер саны 20-дан асады. Соған сай оларды комплексті пайдаланудың негізгі жолы байыту және металлургиялық процестердің әр түрлі комбинацияларын кеңінен қолдану.

Алтын және сурьма кендерін комплексті пайдалану. Алтын кендерінің бірсыпыра түрлерінен қосымша қалайы, вольфрам құрамында платина бар өнімдер және басқа да концентраттар алынады. Оның көпшілігі гравитациялық әдіспен алтын концентратына бөлінеді. Кейін арнаулы процестермен жеке концентраттар түрінде алынады.

Алтынды сурьма кендерінен алдымен гравитациялық әдіспен коллективті концентрат алынады. Оның қалдығынан қосымша сурьма концентраты флотациялаумен бөлінеді. Алтын – сурьма концентратынан химиялық жеке өнімдер алынады.

Сурьма концентратынан гидрометаллургиялық әдіспен сурьма металл түрінде бөлінеді де, ондағы басқа элементтер кварц шөгінділеріне жиналады. Шөгінділерде ауыр түсті және асыл металдар болса ол қорғасын өндірісінде флюс ретінде қолданылады да, пирометаллургиялық процесте алынатын металды қорғасын құрамына кіреді.

Алюминий өндірісінде кендерді комплексті пайдалану. Алюминий өндірісінде глинозем өндіргенде шығатын негізгі қалдық қызыл шламдар. Кендерді комплексті пайдалану негізінде сол қызыл шламдарды тиімді өндеп іске жаратумен тығыз байланысты. Олардан белгілі бір жағдайларда темір, титан, цирконий, ванадий, галлий, ниобий, тантал, торий және уран қосылыстарын алуға болды. Шламдардың негізі темірден (30-33%) және алюминий тотығынан (12-30 %) тұрады. Бағалы қосындыларды бөлгеннен кейін алынатын ақырғы қалдық цемент, силикат кірпішін және сол сияқты құрылыс материалдарын өндіруге, жол құрылысына, отқа төзімді заттар алуға, тыңайтқыштар өндіруге және т.б мақсаттар үшін пайдаланылады.

Қалдықтарды тиімді пайдалану бағыттары. Жоғары келтірілген деректерден кендерді комплексті пайдалану олардың құрамынан тек бағалы заттарды ғана бөлумен шектелмей құрамындағы заттарды түгел дерлік пайдалануды көздейді. Осыған байланысты мәселе – тек қазір алынып өңделіп жатқан кендермен бірге ерте кезде тиімсіз саналған өңделу нәтижесінде алынған бай қалдықтарды қайта өндеп пайдаланудың маңызы зор. Мысалы, көптеген қалдықтардағы бағалы зат үлестері қазіргі кезде пайдаланып отырған кейбір кендердегіден кем емес. Қалдықтарды қайта өңдеудің тиімді жайы оларды ұсақтаудың, ал көпшілік жағдайда

ұнтақтаудың да қажеті жоқ, демек өңдеудің өзіндік құны кен өңдеумен салыстырғанда көп төмен.

Қалдықтарды пайдаланудың негізгі бағыттары: 1) олардың құрамынан бағалы заттарды толығырақ бөліп алу; 2) қосымша өңдеу арқылы құрылыс материалдарын (кірпіш, цемент, керамика және т.б) шығару; 3) қалдықтарды тек механикалық процестермен өңдеп (ірілік кластарға бөлу, шаю және т.б) не өңделмей жол құрылысына және басқа қажетті мақсаттар үшін пайдалану.

Қалдықтардан бағалы заттарды флотациялау әдісімен өндегенде не ұнтақтығын арттыру үшін (минералды ажырату мақсатымен) не минерал түйіршіктерінің бет қасиетін жанарту үшін олар ұнтақтау процестерінен өтеді. Бағалы заттардың үлестеріне қарай не жеке концентрат, не коллективті концентраттар түрінде бөлінеді. Соңғылардан негізінде металлургиялық не химиялық әдістермен жеке өнімдер алынады.

Кендерді комплексті пайдалануда пирит концентратын тиімді пайдалану өте маңызды жай. Сульфидті кендерде үнемі дерлік пирит кездеседі. Көпшілік жағдайда оның үлесі кендегі барлық сульфидті минералдардың үлестерінің қосындысынан артық болады, ал кейбір тұтас мыс колчеданды кендерде оның үлесі 80-90 %-ке жетеді. Қазіргі кезде пирит (FeS_2) темір көзі ретінде пайдаланылмайды. Сондықтан кеннен оның қажетті мөлшері ғана күкірт қышқылын өндіру үшін не құрамында басқа бағалы заттардың үлесі белгілі мөлшерден кем болмаса ғана концентрат түрінде өндіріледі. Демек, тығыз байланысты көпшілік элемент бірге жоғалады.

Пирит концентратын химиялық жолмен өндегенде негізінде одан тек күкірттің 95-98 %-ті және жартылай селен бөлінеді. Басқа элементтердің барлығы огарокта (қыздырып өртегенде қалатын қатты қалдық) қалады, ал ол жартылай ғана цемент жасауға қолданылады. Осыған байланысты жүргізілген зерттеулер нәтижесінде пирит концентратын комплексті пайдалануға мүмкіндік тудыратын жаңа пиро және гидрометаллургиялық технологиялар жасалды. Оларды қолдану арқылы концентраттан барлық дерлік бағалы заттарды бөліп алуға болады.

Көптеген байыту фабрикаларының қалдықтарын (әсіресе флотациялық байытудан кейін), (микротыңайтқыш алуға болатын шикі зат ретінде қолдануға болатыны), (Лининогор, Зырян, Текелі және т.б.), (ал кейбір фабрикалардың қалдықтары Маднеул, Жезқазған) ешқандай алдын ала өңдеусіз-ақ микротыңайтқыш бола алатыны анықталды.

Бірсыпыра байыту фабрикаларының (Майқайын, Қайрақты, Кентау және т.б) ескі ертеден жатқан қалдықтарынан барит концентратын өндіре бастады. Ашысай комбинатынада барит концентраты алынғаннан кейінгі қалдық еленіп, оның құмды фракциясы кен алынған жер асты қуыстары толтыруға пайдаланылады.

Кейбір өндіріс салаларының құрамында фтор қосылыстары бар қалдықтар шикізат ретінде қолданылады.

Кендерді комплексті пайдалануда оның құрамындағы тау-жыныс минералдарын тиімді пайдаланудың маңызы зор. Қазіргі кезде олардың көпшілігін шаруашылықтың әр саласында қажетті зат ретінде қолдануға

болатындығы айқын. Бірақ іс жүзінде олардың негізгі массасы қалдық түрінде жиналып жатыр. Жоғарыда айтылғандай, кен денелеріне жетуге дейін алынатын кесек тас – жыныс заттарын, байытудан кейін алынатын қалдықтарды құрылыс материалдары ретінде (жол қыртысында, кірпіш жасауға, цемент және т.б) қолдануға болады.

Түсті металлургияда қалдық ретінде шығатын шлактарды қайта өңдеп олардың құрамынан бағалы заттарды толығырақ бөліп алу, ал одан қалатын қалдықтарды да құрылыс материалдары ретінде қолданудың көптеген бағыттары айқындалды. Сол сияқты қара металлургия және тау-химиялық және минералды тыңайтқыштар алуда шығатын қалдықтарды комплексті пайдаланудың маңызы зор. Демек, пайдалы минералды шикі заттарды толық пайдалану оларды өңдеудің өзіндік құнын төмендетудің, шаруашылықтың экономикасын көтерудің үлкен көзі болып табылады.

18 Пайдалы қазындыларды кесектеу

18.1 Жалпы түсініктер

Қазыналарды байыту нәтижесінде көпшілік жағдайда концентраттар ұнтақ түрінде алынады. Сол сияқты байытуды қажет етпейтін қара металдар кендерін қазып алу процесінде тікелей металлургиялық өңдеуге келмейтін ұнтақ фракциялар шығады. Көмірдің ұнтағын отын ретінде қолданғанда өте тиімсіз жанады. Осы жайларға байланысты ұнтақ өнімдер металлургиялық өңдеу алдында белгілі бір ірілікке дейін арнаулы әдістермен кесектелінеді.

Жоғарыда көрсетілген өнімдерден басқа металлургиялық өңдеу процестері кезінде құрамдарында өте бағалы заттар болуына байланысты одан әрі өнделетін бірсыпыра екі аралық өнімдер шаң және шлам түрінде алынады. Оларда кейінгі өңдеу процестер алдында кесектелуі қажет. Тәжірибеде кесектеудің үш түрлі әдістері қолданылады: агломерация, іріктеу (окускование) және брикеттеу. Олардың әр қайсысы белгілі бір заттар үшін қолданылады.

18.2 Агломерация және илей іріктеу

Агломерация әдісі ірілігі 6-8 мм ден аз кендерді ұсақ фракцияларын және ұнтақ концентрацияларды кесектеуге қолданылады. Ұсақ түйіршіктердің бірігіп кесектенуі затты қыздыру арқылы пісіргенде жүретін термохимиялық процестің нәтижесінде жүзеге асады.

Агломерация процесінде қолданылатын операциялар: шихта, даярлау, пісіру және алынған агломераттан керекті кесекті фракция алу үшін ұсату, елеу және сұрыптау жүргізіледі.

Шихта құрамында негізгі зат (кен, концентрат, отын, кокстың және антрациттің майда түйіршіктері) және флюс (ұсақ ізбес және доломит тастары) кіреді. Мартен процесімен өнделетін агломерат алу үшін шихтаға

темір не шойын сынықтары қосылады. Агломерация кейде флюс заттарысызда жүргізіледі.

Өңделетін өнім түріне қарай шихта құрамына кіретін заттардың үлесі белгілі бір ара қатынаста болады, демек әр қайсысының массасы алдын ала дәл есептеледі. Агломерациялау алдында шихта арнаулы қондырғыда араластырылады.

Агломерация өнім түріне және көлеміне қарай агломерациялық фабрикада не металлургиялық заводтардың арнайы бөлімдерінде жүргізіледі. Олардың құрамындарында шихта сақтайтын қойма, қабылдау бункерлері отынды ұсақтайтын, пісіруді және агломератты өңдейтін бөлімдер бар. Фабриканың негізгі бөлімі агломерациялау машиналарынан тұрады. Олардың өндірісте ең көп тараған түрі ленталы агломерациялау машиналары. Ол үздіксіз жүретін колосник торы орнатылған пісіру арбаларынан тұрады (паллет). Тордың ұзын бойына биіктігі аз қабырғалар орнатылған. Арбалар бір бірімен шарнирлі қосылған. Оларда екі барабан орала ақырын айналып тұрады. Бункер астынан өткенде тор үстіне қалыңдығы 250-300 мм біркелкі шихта қабаты салынады.

Шихтаның беткі қабаты газ не сұйық отынмен жабдықталған көрік арқылы тұтатылады да, қатты отын жанып шихта 1200-1400 °С температурада пісіріледі. Жану пәрменді жүру үшін шихта қабаты арқылы оның әрбір квадратты метр ауданына минут сайын 80-100 м³ ауа өткізіледі. Ауа шихта қабаты арқылы тор астында желдеткішпен вакуум тудыру нәтижесінде жоғарыдан төмен қарай бағыттала сорылады. Жану қалыңдығы 20-40 мм қабатта ғана жүреді. Жану қабаты біртіндеп төмен түскен сайын шихта қабатының жоғарғы жағы қатайып, пісірілген агломерат массасы пайда болады. Агломерациялау орташа 10-15 минутке созылады.

Агломерация кезінде шихта жартылай балқып құрамындағы заттар өзара әрекеттесіп тұтас дене жасай береді. Сонымен қатар күкірт, мышьяк, сурьма және басқалары тотығып, белгілі мөлшерде газ болып ұшады.

Процестен шығатын тұтасқан кесектер ұсату және елеу операцияларына түседі. Елеуден алынған ірілігі 5-6 мм-ден кіші фракция агломерацияға қайтарылады.

Агломерациялау машиналарының ең үлкенінің ауданы 600 м-ге жетеді.

Илеп іріктеу. Бұл әдіспен көбінде өте ұнтақталған (ірілік класс үлесі 80-90%) ылғалды темір кендерімен концентраты кесектеледі. Кесектелу ылғалды затты илей араластырғанда түйіршіктердің бір біріне жабысып іріленуіне негізделген. Жабысу күшін ұлғайту үшін аздап қосымша заттармен (әсіресе балшықтың бір түрі бентонит) араластырылады. Осылай іріктеу флюс қосып не флюссіз жүргізіледі. Бұл әдіспен іріленген зат түрі окатыш деп аталады. Қажетті болғанда окатыштың мықтылығын арттыру үшін оны пісіру не басқа әдістер қолданылады. Сонымен бұл процесте қолданылатын операциялар: шихта дайындау, илеп ірілеу және пісіру.

Шихта алдын ала әртүрлі қондырғыда (шнекті, роторлы не барабанды) араластырылады. Ол темір концентратты үшін 10-20 % аралығында болуға тиіс.

Ірілеу процесінде барабанды не тарелкалы ірілегіштер қолданылады.

Тарелкалы ірілегіштер арнаулы қондырғыда көлбеу орнатылған түбі бір тегіс жазық белгілі бір жылдамдықпен айналып тұратын тарелка тәрізді. Шихта тарелка түбіне жабыспау үшін оның ішіне үздіксіз жұмыс істейтін қырғыш орнатылған. Тарелка айналған кезде түйіршіктер бір біріне жабысып диаметрлері 10-20 мм шар пішінді окатыш құрайды. Осыдан кейін ол елеуден өтіп, ұнтағы процеске қайтарылып, ірі класс пісіруге түсіріледі. Конвейерлі пісіргіштерде кейде басқа аппараттарда жүргізіледі.

Окатышты пісіру кезінде де темір минералдары тотығады, күкірт және кейбір заттар жанып бөлінеді. Пісіруден кейін тағы елеу жүргізіліп металлургиялық процеске түсетін окатыш алынады да, тым ұсақ фракция (-5 мм) пісіру процесіне қайтарылады.

Окатыштың мықтылығын пісірусіз ұлғайту шихтаға біраз жоғары температурада қатайатын арнаулы ізбес, не сұйық шыны сияқтылар қолданылады.

Пісіру әдісі көбінде тек темір концентратты үшін, ал пісірусіз әдіс гравитациялық, флотациялық қалайы және кейбір басқа концентраттар үшін қолданылуы мүмкін.

18.3 Брикеттеу

Бұл әдіс ұнтақ концентраттардың түйіршіктерін қысыммен біріктіруге негізделген. Соның нәтижесінде дұрыс пішінді біркелкі кесектер алынады.

Брикеттеу төменгі қысымды процестерде жүргізілсе жабыстырғыш заттар қолданылады да, жоғарғы қысымды процестерде олар қолданылуы мүмкін.

Бұл әдіспен көбінде темір кендерімен концентраттары, марганец концентраттары және басқа да бірсыпыра өнім түрлері кесектенеді. Кендер көбінде жабыстырғыш заттарды қолдану арқылы кесектенеді. Ол үшін алдымен шихта жасалып араластырылады. Брикеттің мықтылығын арттыру үшін әртүрлі әдіспен олар қыздырылады.

Кендерді брикеттеуде көбінде *вальцты процестер* қолданылады. Олар біріне бірі қарсы айналатын екі вальцтан (барабан тәрізді) тұрады. Олардың беттері желінбейтін жоғары температураға төзімді бандаждармен қапталған. Сол беттерде пішіндері әртүрлі шұңқырлар жасалған (алынатын брикеттер сол пішінмен шығады). Бастапқы шихта вальцтер екі арасына үстінен арнаулы қондырғы арқылы біркеілкі араластырылып түсірілгенде шұңқырлар толады. Вальцтер айналу кезінде шұңқырдағы шихта қысым күшімен брикеттерге айналып астыңғы жағынан (шұңқыр беттері ашылған кезде) өз салмақтарымен құлап түседі. Бұл процестерде қысымды 80 МПа дейін жоғарылатуға болады.

Жабыстырғыш заттар ретінде әртүрлі заттар сұйықшыны, ізбес және басқалары қолданылады. Олардың брикеттердегі үлесі 6-8%. Егер брикеттеу жоғары температурада (800-1100 °С) жүргізілсе онда жабыстырғыш заттар қолданылмайды.

Брикеттеу әдісі көмір түрлері үшін кеңінен қолданылады. Бұл көмірлер, әдетте, жабыстырғыш заттарсыз солардың өз ішінде битумдар болуымен байланысты (брикеттелінеді). Олар үшін жоғары қысымды (150 Мпа-ға дейін жетеді) *штемпельді процестер* қолданылады.

Тас көмірлер және антрациттер жабыстырушы заттар қосумен және төмен қысымды (15-25 МПа) вальцті процестермен брикеттенеді.

19. Байыту фабрикалары

19.1 Байыту фабрикаларының түрлері

Байыту фабрикалары оларда байытылатын пайдалы қазбалардың құрамындағы бағалы заттардың түріне қарай және қолданылатын байыту әдістеріне қарай көптеген түрлерге бөлінеді.

Бағалы зат түрлеріне қарай мысты, мыс қорғасынды, қорғасынды мырышты, вольфрамды, көмір және тағы сол сияқты байыту фабрикаларына бөлінеді.

Қолданылатын байыту әдістеріне қарай флотациялық, гравитациялық, магниттік, ұсатып сорттау, брикеттеу (агломерациялау) және комбинациялы процестермен байыту фабрикаларына бөлінеді.

Флотациялық байыту фабрикаларында ұсақ сеппелігіне қарай түсті және сирек кездесетін кендер, металл емес пайдалы қазбалар және көмір мен кара металдар кендерінің ұсақ фракциялы байытылады.

Гравитациялық байыту фабрикаларында құрамында ірі сеппелі және тығыздықтары жоғары минералдар бар кендер байытылады. Оларға алтын, қалайы, марганец кендері, көмірдің ірі фракциялары және тағы сол сияқты қазбалар байытылады.

Магниттік байыту фабрикаларында темір кендері кейде марганец кендері байытылады.

Ұсатып-сорттау фабрикаларында негізгі байыту процестері қолданылмайды. Белгілі бір ұсату сатысынан өткен кен ірілік кластарға бөлініп әртүрлі сортты өнімдер алынады. Ондай қазындыларға бай темір кендері, фосфор кендері, аз күлденетін көмір түрлері және әртүрлі құрылысқа қажетті заттар алынатын қазба түрлері жатады.

Брикеттеу фабрикаларында көбінде көмірдің ұсақ кластарынан алынатын концентраттарды әртүрлі әдіспен өңдеп кесектеу процестері жүргізіледі. Егер кесектеу ұсақ (ұнтақ) затты қыздыру арқылы жүргізілсе онда олар агломерациялау фабрикалары деп аталады.

Комбинациялы байыту фабрикаларында байыту процестерінің бірнеше түрі, кейде байыту процестерімен бірге гидрometаллургиялық не химиялық процестерде қолданылады.

Қазіргі кезде көпшілік қазба байлық түрлері байытылғанда тек бір ғана байыту әдісі сирек қолданылады.

Белгілі бір пайдалы қазба байыту фабрикасын салу үшін оның техникалық жобасы жасалынады. Техникалық жоба жасалуы үшін пайдалы

қазба жан жақты зерттеліп оның байыту технологиясы таңдалады. Соның нәтижесінде қолданылатын аппараттар және жабдықтар белгіленеді

Техникалық жоба жасалғанда байыту техникасының дамуында ғылым мен техникада қол жеткен жетістіктер барынша ескеріліп, пайдалы қазба неғұрлым комплексті және тиімді пайдалануы көзделуі қажет.

Техникалық жобаны іске асыру бағытында басқа да көптеген мәселелер шешіледі. Өте маңызды жайдың бірі байыту фабрикасының орналасатын жерін табу. Бұл мәселенің шешімі негізінде үш факторға байланысты. Бірінші фактор – кенді және одан алынатын өнімдерді тасу мәселесі. Тасу шығынның үнемдеу тұрғысынан байыту фабрикасының кен шығарылатын жерде орналасқаны дұрыс. Себебі кеннің массасы алынатын өнімдер массасынан ондаған есе көп. Металлургиялық заводтарға тек аз массалы өнімдер ғана тасылады.

Егер байыту фабрикасына кендер бірнеше кен орындарынан не участкалардан түсетін болса, онда оның орны таңдалғанда екінші және үшінші факторлар – фабриканы сумен және энергиямен қамтамасыз ету мүмкіншіліктері ескерілуі қажет. Кейде кейінгі екі фактордың маңызы басымдылығына қарай байыту фабрикасы металлургиялық заводқа жақын не онымен қатар орналасуы мүмкін.

Байыту фабрикаларында денсаулыққа зиян келтіретін заттардың (шаң-тозаң, газ, иіс) бөлінуіне және шығуына байланысты олар адам мекенінің желсіз жағына белгілі бір қашықтықта орналасулары қажет.

19.2 Байыту фабрикаларының құрамы

Қолданылатын процестерге сәйкес байыту фабрикалары бірнеше негізгі бөлімдерден тұрады. Оларға жататындар ұсату, ұнтақтау, байыту және сусыздандыру бөлімдері. Өнімділігі ірі фабрикаларда ұсату бөлімі екі бөлімшеден (ірі ұсату және орта-ұсақ ұсату бөлімшілері) тұрады. Ұнтақтау бөлімі көпшілік жағдайда байыту бөлімімен бірге орналасады. Ол бөлімді басты корпус деп атайды.

Сусыздандыру үшін қолданылатын қойылдырғыштар кейде басты корпуста, ал климаты қыста жылы аймақтарда ашық сыртта орналасулары мүмкін. Сүзгіштер мен құрғатқыш пештер жеке бөлімде орналасады.

Бұлардан басқа фабрика құрамына процестердің үздіксіз жүруін қамтамасыз ететін қосымша бөлімдер кіреді. Оларға жататындар: реагенттер бөлімі, механикалық шеберхана, су тазарту бөлімі, қоймалар, ғылыми зерттеу лабораториясы, техникалық бақылау бөлімі, химиялық талдау лабораториясы және басқалары.

Байыту фабрикасының территориясында әкімшілік корпусы, тұрмыс қажетін өтеу бөлімі және асхана орналасады.

Келтірілген бөлімдердің жұмысын үздіксіз жүргізу мақсатымен темір жолдар және машина жолдары қолайлы орналасуы қажет.

Байыту фабрикасының негізгі бөлімдерінің өзара дұрыс орналасуы өте маңызды жай. Ұсату бөлімдерінен бастап фабрика ішінде кеннің (құрғақ не

пульпа түрінде) үздіксіз тасмалдануына байланысты бөлімдер және ондағы аппараттар неғұрлым аз шығын қажет ететіндей орналасуы қажет. Сол үшін мүмкіндік болса байыту фабрикасы дөңнің көлбеу бетіне каскатты орналасқаны дұрыс. Ең жоғарыда ұсату бөлімі, одан кейін басты корпус, ең төменде сусыздандыру бөлімі орналасады. Сонда кеннің негізгі массасы жоғарыдан төмен өздігінен қозғалуына мүмкіндік туады.

Келтірілген барлық жайлардың байыту фабрикасын салар алдында жасалатын жалпы дұрыс шешімдерін табу қажет.

19.3 Қалдық сақтау қоймасы

Қалдықтың пайыздық шығымы, құрамы, ірілігі және құрғақ не пульпа түрінде болуы пайдалы қазбаның қасетімен анықталады. Неғұрлым кен бағалы затқа бай болса, концентрат шығымыда өсіп, қалдық шығымы азаяды. Мысалы, бай темір, марганец және фосфор кендері байытылғанда қалдық шығымы 40-70% мөлшерінде болады. Түсті, әсіресе сирек кездесетін металдар кендері байытылғанда концентраттар шығымы аз болады да, қалдық шығымы 80-95%-ке жетеді.

Ірі сеппелі кен (темір, марганец) және көмір байытылғанда қалдықтың негізгі массасы кесек түрде (байыту ұсату процестерінен кейін жүргізіледі) және көбінде құрғақ не сусызданған түрде алынады. Қалдықтың мұндай түрі конус пішінді отвалдарға (терреконектер) үйіледі. Конус төбесіне қалдық көлбеу салынған рельс бойымен вагонеткалармен не скиптермен тасылады. Қыста ауа-райы жылы аймақтарда конус төбесіне қалдық ленталы ковейерлермен тасылады. Бұлармен қатар өндірісте басқада әдістер қолданылады.

Ұсақ сеппелі кендер флотациялау не магнитті әдістермен байытылғанда қалдық пульпа түрінде болады. Оның ішіндегі қатты зат түйіршіктерінің ең ірілерінің диаметрлері бірнеше миллиметрден аспайды. Сұйық фазасы судан және онымен арласқан флотациялық реагенттерден, машиналар үшін қолданылатын майлағыш заттардың қалдықтарынан тұрады. Осындай қалдық гидравликалық тасымалдаумен қойма орнына жеткізіліп, белгілі бір гидравликалық әдістермен онда төгіліп, қатты зат судан бөлініп, не байыту фабрикасында пайдалануға қайтарылып не басқадай бағытта тасымалданады. Осы мақсаттар үшін қолданылатын барлық құрылыстар мен жабдықтардың жиынтығын қалдық шаруашылығы деп атайды.

Байыту фабрикасының үздіксіз жұмыс істеуі қалдық тасымалдау және сақтауды дұрыс ұйымдастыру мен тығыз байланысты.

Қалдық сақтау орнын және сонымен байланысты құрылыстарды салуға жұмсалатын шығын аз емес. Оны азайту және іске қосылғаннан кейін тиімді пайдалану оған дұрыс орын табудан басталады. Ол үшін алдын ала топофикалық, инженерлік-геологиялық және гидрогеологиялық ізденіс жұмыстары жүргізіледі. Орын таңдауда мынадай жайлар еске алынады: орын көлемі байыту фабрикасының жобаланған жұмыс істеу уақыты кезіндегі шығаратын қалдық көлеміне сай болуы қажет.

Келешекте қалдықты қайта өңдеу қажеттілігі бола қалғанда қоймадан оңай шығарып тасу мүмкіндігі болу керек, қалдықты байыту фабрикасынан қоймаға тасымалдауға қажетті шығынды төмендету үшін қалдық қоймасының деңгейі мүмкіншілігінде фабрика деңгейінен төмен болуы қажет. Сонда пульпа не өздігінен ағып не аз қысым күшімен ғана қоймаға жететін болады.

Қалдық орнын салу шығынын азайту үшін жер бетінің табиғи рельефін барынша пайдаланған жөн. Неғұрлым ойлы, сайлы не үлкен жырақты жер таңдалса, соғұрлым қоршау дамбыларын (бөгет) салуға аз шығын шығады.

Қойма орнының құрғақ беттерінің шаңдалуына байланысты оның орны санитарлық талаптарға толық сай болуы қажет: елді мекен оның жел жағында және кем деңгейде 250 м қашықтықта орналасуы қажет.

Қойма орны мүмкіншілігінше ауыл шаруашылық мұқтаждығына жарамайтын жерлерге орналасқан жөн.

Инженерлі-геологиялық талаптарға жататындар: таңдалған жердің топырағының қасиеті алғашқы бөгет (дамба) жасауға жарамды болуы керек.

Жер қыртысының қасиеті қоймаға қатынасты барлық құрылыстың беріктігін қамтамасыз етерліктей және қоймаға жиналатын судың сүзіліп өтуі белгілі нормадан аспауы қажет.

Қалдық сақтау орнын таңдау. Жер бетінің рельефіне қарай қалдық сақтау қоймалары *жазықты, ойпатты, қыратты, жыралы* және *өзенді* болып бөлінеді.

Қалдық сақтау қойма жазыққа орналасса онда қойма бөгеуі айналдыра салынады. Қоймаға тек қалдықты пульпа ғана түсіріледі. Демек, қоймадан тек қалдық құрамындағы су ғана шығарылады және бөгеудің құрылыс өлшемдері қойманың барлық жағында бірдей.

Қойма ескі өзендердің ойпатты арнасына салынса бөгеу үш бағытта – ойпаттың екі ұзын бойымен ылдыйлы көлденеңіне салынады. Бұларда бөгеудің құрылыс өлшемдері әр бағытта әртүрлі болуы мүмкін. Әсіресе, көлденең бағытта салынатын бөгеу мықты етіліп салынуы қажет, демек көбірек шығын қажет етеді.

Қиялы қыратқа салынатын қоймада бөгеу үш бағытта салынады. Мұндай қалдық қоймаларында қалдықтан басқа қар және жауын сулары түспес үшін арнайы каналдармен су шығарғыш қосымша құрылыстар салынады.

Қалдық қоймасы ретінде үлкен жыралы орын таңдалса онда бөгеу жыраға *көлденең* бағытта ғана салынады. Оларға қалдықпен бірге қар және жауын сулары да құйылады. Демек, қалдық орны жобаланғанда олардың да орташа көлемі еске алынады.

Өзен арналары қалдық қоймасы ретінде тек басқа мүмкіншілік болмаған жағдайда ғана пайдаланылады.

Қалдықты пульпаны қоймаға түсірудің бірнеше жолы бар. Ең тиімді түсіру әдісі қойма қай типке жатады, байыту фабрикасымен қойманың орналасуының ерекшеліктерін ескеру және оларды техникалы-экономикалық салыстыру арқылы анықталады.

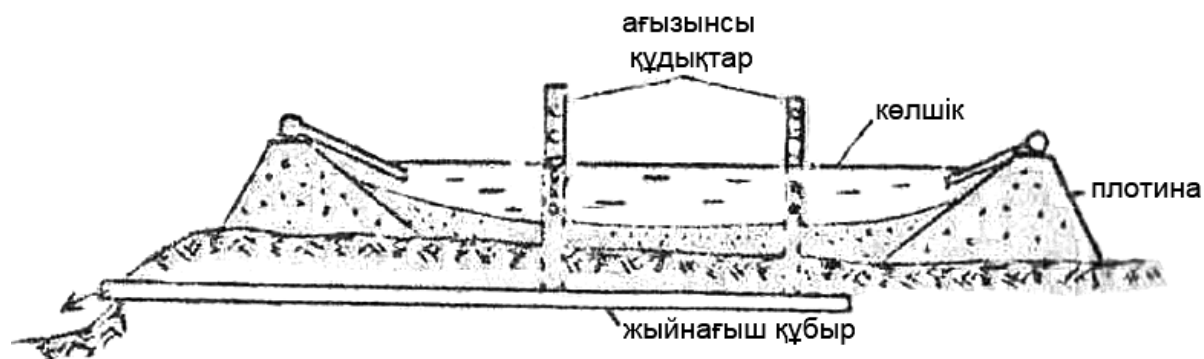
Қалдық сақтау комплексіне жататын құрылыстар: бөгеу (платина, дамба), су ағызатын құрылыстар, пульпа ағатын құбыр жүйелері.

Плотина және дамба. Қалдық сақтау қоймасы плотина (дамба) салудан басталады. Оны іске қосу алдында тек бірінші кезегі ғана салынады. Ол үшін табиғи жергілікті материалдар (кұм, балшық, ұсақ тас, топырақ түрлері) қолданылады. Плотинаға екі негізгі талап қойылады:

1) Жыйналлатын қалдық құмның қысымына төтеп беру;

2) Оның денесінен су өтпеу керек. Осыған байланысты ол гидротехникалық заңдылықтарға сүйене отырып белгілі бір ретпен салынады. Плотинаның көлденең қыйындысы трапеция пішінді салынады. Оның биіктігі және үстіңгі бетімен астыңғы жалпақтығы белгілі бір мөлшерден кем болмауы керек.

Тұнған су қабатын ағызу үшін арнаулы *су ағызғыш құрылыстар* салынады. Жиналған су қабатының біртіндеп өсуіне байланысты қойманың әр жеріне орнатылатын биік құбырлардың қабырғаларында тесіктер біртіндеп жабылып, су тек үстіңгі қабаттан ғана ағып құбыр ішіне түсіп отырады. Тек тұнған су ғана бөліну үшін бұл құбырлар плотинадан белгілі бір қашықтықтарда орнатылады. Әр құбырдың түбі қойманың астымен жүргізілетін бетоннан жасалатын жинағыш құбырмен жалғастырылады. Демек, барлық тік құбырлардан үлкен су жинағыш құбырмен қойманың бір шетінен ағып шығып жатады (105–сурет).



105–сурет. Қалдық сақтау орнының қиылыс көрінісі

Қоймадан шыққан суды байыту фабрикасында айналмалы су ретінде пайдалану үшін жинағыш құбырдан шыққан су насосы станцияға түсіп тікелей фабрикаға не болмаса су тазалау орнына айдалады. Егер су жартылай не түгел сол маңайдағы су көздеріне (өзен, көл) түсірілетін болса, онда ол міндетті түрде белгілі бір әдістермен оның қасиеті санитарлық нормаға жеткізілгенше тазалануы қажет.

Қалдықты тасымалдау. Байыту фабрикасынан қалдық қоймасына тасымалдау үшін бетоннан не темірден жасалған құбырлар (хвосторопад)

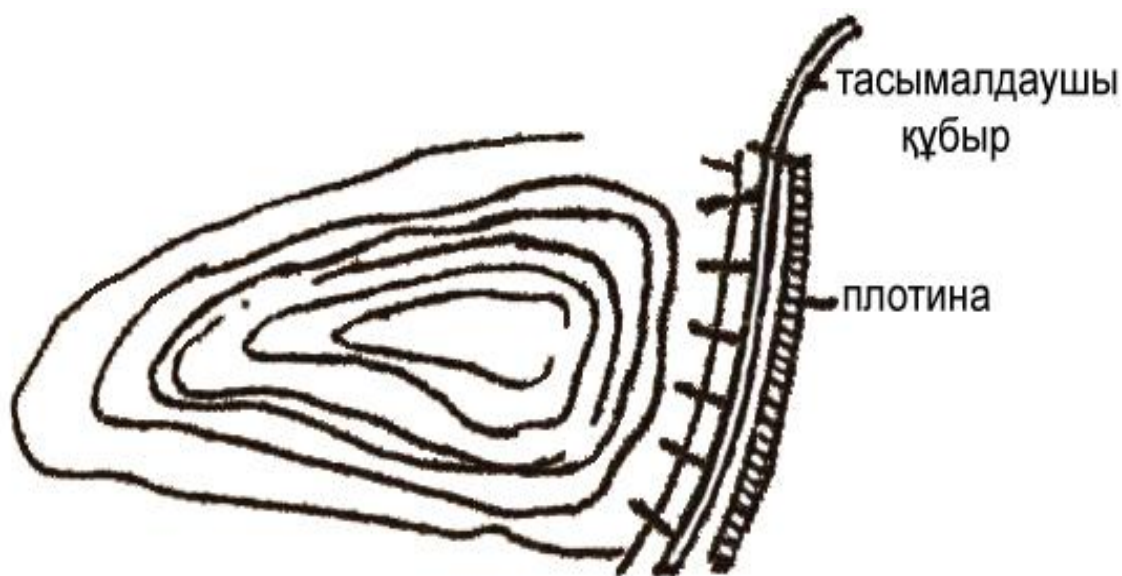
қолданылады. Әдетте екі құбыр қатар жүргізіледі; біреуі іске қосылғанда екіншісі резервте болады.

Жер бетінің рельефіне қарай құбырлар не жерде, не әдейі төселетін жоташық үстінде, не стакада үстінде орнатылуы мүмкін. Қалай болғанда да құбыр біркелкі жазықтықта көлбеулікпен орналасуы қажет. Қалдық құбырының тиімді жолын табуда еске алынатын жайлар: байыту фабрикасымен қалдық қоймасы арасындағы қашықтық, олардың биіктік деңгейлерінің арасындағы айырмашылық, неғұрлым бұрмалардың және табиғи кедергілердің (өзен, шұңқыр, дөң) аз болуы.

Қалдық құбыр жерге көмілмеу керек. Егер жер бетінен төмен деңгейде орналасқан болса таяз салынған (1,5-2,5 м) тоннель арқылы жүргізіледі.

Ең маңызды жай – байыту фабрикасымен қалдық қоймасының биіктік деңгейлерінің арасындағы айырмашылық мүмкіншілігінше үлкен болуы өте тиімді. Пульпалы қалдық көлемі мол болуымен байланысты оның жергілікті қысыммен қалдық қоймасына шөкпей жетуі сол деңгейлер арасындағы айырмашылыққа тәуелді. Ең тиімді вариант-пульпалы қалдықтың өзі ағып баруы. Егер құбыр жолының көлбеулігі жетпесе онда қосымша қысым тудыру керек. Ол үшін байыту фабрикасында қуатты насос қойылады. Егер көлбеулік жоқтың қасы не қойма деңгейі фабрика деңгейінен жоғары болса онда байыту фабрикасымен қойма аралығында жеткілікті қысым тудыру үшін бір кейде екі насос станциялары салынады, демек мәжбүрлі қысым жүйелері қолданылады. Әрине бұл жағдайда түпкілікті және жұмыс кезіндегі жұмсалатын шығын көбейеді.

Пульпа қалдық қоймаға плотина жағынан түсіріледі. Ол үшін байыту фабрикасынан бастап созылған қалдық тасымалдаушы құбыр плотинаның үстіңгі бетін қуалай салынады (106–сурет).



106–сурет. Жыралы қалдық сақтау орнында плотинамен тасымалдаушы құбырдың орналасуы

Пульпа қоймаға оның әр жеріндегі тесіктерге жалғанған құбырлар арқылы түседі. Қалдықпен қойманы біркелкі толтыру үшін алдымен пульпа бір тесіктен түсіріп, ол жер толған соң жабылып келесі тесік ашылады.

Қойманы қалдықпен жылдың әр кезінде толықтырудың ерекшеліктері бар. Қыс кезінде пульпа қоймаға мұз астына түсіріледі. Ол үшін қысқа қарсы плотина және онымен бірге судың бет деңгейі жоғары көтеріледі. Бірақ судың бет деңгейі плотина бетінен 1 м төмен жасау керек. Әйтпесе су плотина ернеуінен асып төгіліп оны қиратып кетеді. Сол сияқты жазғытұрым қар суы құйылар кезде қоймадағы судың бет деңгейі төмендетіледі. Бұл кезде су деңгейін үздіксіз бақылап отыру қажет.

Қойма іші бірінші кезекті салынған плотина биіктігіне сай толған кезде плотина биіктігі біртіндеп жоғарлатылып отырады, демек дамбалар салу арқылы көтеріледі.

Дамбалар салу әдістері. Тәжірибеде үш түрлі әдістер қолданылады: эстакадты, зенитті және эстакадсыз әдістер.

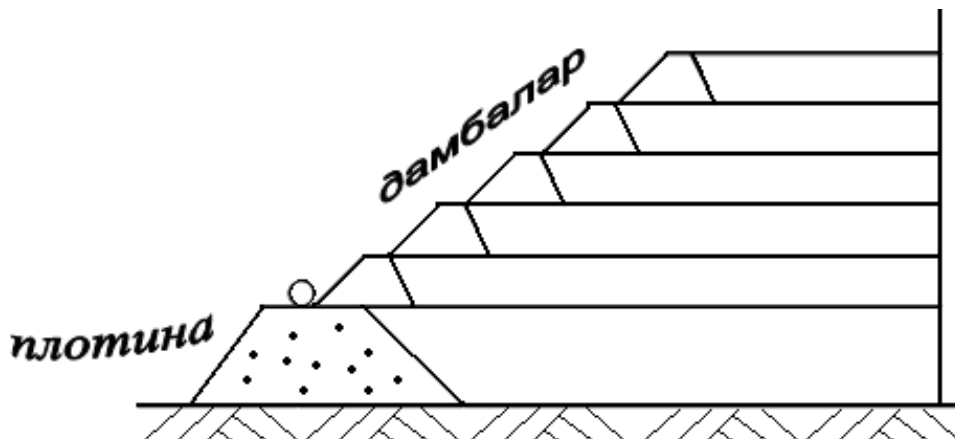
Эстакадты әдіс қолданылғанда қалдық тасымалдаушы құбыр плотина үстіне орнатылған ағаш тіреулерден жасалған эстакада үстімен жүргізіледі. Оның аралы 6-8 м болатын жерлерінде пульпа шығатын тесіктері болады. Олардан плотинаның (дамбалардың) ішкі бетіне көлбеу орналасқан науалар тартылады. Солардан түскен пульпа ішіндегі ең ірі түйіршіктер бірден шөгіп, біртіндеп плотинаның ішкі бетін биіктіктете береді. Осылай тесіктердің біріншілерін жауып келесілерін ашып отырып плотинаның ұзын бойымен оның ішкі беті толып биіктейді. Ол үшін науалардың көлбеулігі де біртіндеп азайтылып ақырында олар горизонталь орналасады. Бұдан кейін плотинаның үстіңгі бетіне жақын жыйналған қалдық құмынан бульдозерлермен дамба бетіне көтеріліп, қалдық тасымалдаушы құбыр соның бетіне салынады. Сөйтіп қойма биіктігі біртіндеп өсе береді.

Зенитті әдісте тасымалдаушы құбыр тікелей бірінші кезекте плотина үстіне төселген ағаш брустардың үстіне салынады. Оның астыңғы бетінде аралығы 6-8 м жерлерде затворлы (ашып жабуға болатын қондырғы) пульпа ағызатын тесіктері бар. Плотинаның ұзын бойымен ішкі беті құммен толған кезде тесіктерге көлбеулігі барып ағып түседі. Одан жиналған құмнан дамбаның бірінші этапы жасалады. Одан кейін патрубоктар біртіндеп ұзартылып келесі дамбы этаждары жасалып қойма биіктігі өседі.

Эстакадасыз әдістерде тасымалдаушы құбыр зенитті әдістегідей орналасады. Плотинаның ішкі беті құммен толған кезде бөрене тіректерге жоғары бағытта көлбеу орнатылған (аралары 4-5 м тіреулер) лагтар үстімен құбыр жоғарлатылып жылжытыла береді. Осы үш әдіспен жүргізілетін қойма дамбаларының біртіндеп көтерілу көрінісі 107-суретте келтірілген.

Дамбаларды салуда қай әдіс тиімді болатындығы көптеген жайлармен тығыз байланысты. Олардың ішінде шешуші маңызы бар жай- байыту фабрикасында тәулігіне алынатын пульпалы қалдықтың көлемі. Егер қалдық көлемі аз не орташа болса онда эстакадалық әдіс ұсынылады. Егер пульпалы қалдық көлемі аз болса дамба биіктігін тез көтеру керек болса, эстакадасыз әдіс тиімді (биіктік көтеру жылдамдығы қалдық қоймасы үшін таңдалған

орынға байланысты). Қалдық көлемі орташа болғанда және плотина ұзындығы қысқа болғанда зенитті әдіс қолданылады. Ірі қуатты үлкен көлемді қалдық шығаратын фабрикалар үшін және плотина ұзын болса онда эстакадасыз әдіс тиімдірек. Бірақ бұл жай әлі тәжірибемен толық дәлелденген жоқ.



107–сурет. Дамбалардың біртіндеп көтеріле салуы

Жоғарыда тәжірибе жүзінде көп қолданылып келе жатқан варианттар келтірілді. Соңғы кезде әлем жүзінде басқада варианттар қолданыла бастады. Мысалы, тұнған суды қоймадан шығару үшін құдықтар емес сифонды принципке негізделген әдісте қолданылып жүр. Сол сияқты егер тұнған су байыту фабрикасында айналмалы су ретінде қолданылатын болса, онда оны су бетінде жылжымалы насосы станциялар арқылы айдауға болады. Бірақ мұндай жүйені қыс кезінде пайдалану қиын. Демек, оны қыста мұз қатпайтын аймақтарда ғана қолдануға болады. Бұлармен қатар бір орында тұратын насос станцияларыда пайдаланылады.

Біртіндеп биіктікке көтерілетін дамбалар көбінде қалдықтан шөккен құмды материалдан жасалады. Олай болса қалдық материалының гранулометриялық құрамыда маңызды роль атқарады. Егер онда $-0,074 +0$ мм кластың проценттік үлесі 60 %-тен көп болса, демек қалдық тым ұнтақты болса, онда қалдық қоймаға түспес бұрын ірі және ұсақ кластарға бөлінеді (мысалы гидроциклондарда). Құмды класс плотина (дамба) бетіне жақын түсіріледі де (дамба жасауға), ал ұнтақ класс қойма көлшігіне бағытталып плотинадан алысырақ түсіріледі.

Қалдық қоймасының бар жайы орын таңдаудан бастап мұқият қарастырылып жобалануы қажет.

Байыту фабрикасының қалдықтары көптеген құрылыс материалдарының көздері болып табылады. Олардың ұсақталған, не ұнтақталған түрде болуы пайдалану тиімділігін арттыра түседі.

14–бөлімде қалдық қоймасының су тазартуда өте үлкен роль атқаратындағы атап көрсетілді.

19.4 Еңбекті қорғау және қауіпсіздік техникасы

Халық шаруашылығының қай саласында болсын еңбек өнімділігі және тиімділігі еңбекші бұқараның денсаулығын сақтау үшін жасалатын жаңдайлармен тығыз байланысты. Ол жағдайлар байыту фабрикаларының жобасын жасау сатысында жан-жақты мұқият ескерілуі қажет.

Жұмыс істейтін аппараттардың орналасуы технологиялық процестерді дұрыс жүргізу тұрғысынан ғана қаралмай олардың жұмысын реттеу, жөндеу және бақылау қолайлы болу тұрғысынан қаралуы қажет. Ол үшін аппараттардың аралығында, жандарында жұмыскерлер еш кедергісіз қозғала алатын қашықтықтар және аландар болуы керек. Барлық аландардың, егер олар еденнен 0,3 метрден жоғары болса, биіктігі 1 метрден кем емес мықты қоршаулары болуы қажет. Трубалар мен науалар еден не аландар астында жабық не еден үстінен 2,2 метр жоғары орнатылулары қажет.

Фабрика ішіндегі басты жүру жолдарының көлденеңі 1,5 метрден, әр аппараттың жанынан өтетін жолдардың көлденеңі 1-1,5 метрден кем болмауы керек.

Барлық қозғалмалы бөлшектердің, ленталы конвейерлердің ұзын бойының екі жағының арнаулы тұтас не торлы қоршаулары болуы қажет.

Байыту фабрикаларында бөлімшелердің және аппараттардың каскадты орнатылуына байланысты көптеген сатылар болады. Олардың жалпақтығы 0,6 метрден, басқыштардың жалпақтығы 0,25 метрден кем болмауы, ал басқыштар ара биіктігі 0,3 метрден үлкен болмауы қажет. Сатылардың көлбеулігі 45 градустан аспауы керек.

Жұмыс орындарына бекітілген нормаларға сай жарық түсіріледі. Бөлім іштерінде шаң-тозаң реагенттер булары нормалы мөлшерден аспауы үшін белгілі бір әдістер қолданылады. Өте маңызды жайларға бөлім іштерінде ауа температурасы, желдету және ылғалдығы адам денсаулығына сай келетін шамада реттелуі қажет.

Байыту фабрикаларында барлық процестердің механизациялануына байланысты электродвигательдерді іске қосу тәртібі мұқият сақталуы қажет. Оларды іске қосу алдында қозғалысқа келтірілетін аппараттардың маңында қауіпті қашықтыққа адамдар жоқ екеніне көз жеткізу керек.

Жұмыскерлердің еңбегін қорғау мақсатында байыту фабрикаларына арнап қабылданған қауіпсіздік ережелері және санитарлық техникалық нормаларға сай қойылатын талаптарды орындау арқылы ғана жеткізуге болады.

Байыту фабрикаларында істейтін адамдарға қауіпсіздік ережелерге сай қойылатын жалпы талаптар мыналар:

- ақауы бар аппараттармен, жабдықтармен және инструменттермен жұмыс істеуге болмайды;
- машиналардың жұмыс істеу үстінде оның қоршауының ішіне кіруге, не қоршаусыз машинаны іске қосуға болмайды;
- жұмыс істеу кезінде машиналарды жөндеуге, тазалауға және майлауға болмайды;

- ленталық конвейерлердің екінші жағына кез келген жерден асып өтуге болмайды (тек арнаулы көпірлермен ғана өту қажет);
- жөндеу кезінде машиналарды іске қосуға болмайды;
- машинаны іске қосу алдында оның ішінде не одан қауіпті қашықтықта адамдар және инструменттер жоқ екендігіне көз жеткізіп, белгі беруден кейін ғана қосу қажет;
- жұмыс кезінде машиналардың жұмысына байланысты не бір қауіпті жайлар, (түтін шығу, бөтен дауыс не қауіпті қозғалыстар) және сәтсіз оқиға байқалса машина дереу тоқталуы керек;
- жұмыскердің істейтін жұмыс түріне сай келетін және қозғалысқа ыңғайлы арнаулы киімі болуы керек.

Осы жалпы талаптардан кейін басқа әр бөлімдер және жеке аппараттарда жұмыс істеу орындары үшін олардың ерекшеліктеріне сай арнаулы техникалық қауіпсіздік ережелері жасалады.

19.5 Еңбекті ұйымдастыру және өндіріс экономикасы

Байыту фабрикаларында еңбек ұйымдастыру мәселелері рудниктерден кен түсу режимімен және байыту технологиясын үздіксіз жүргізу мақсатымен тығыз байланысты.

Егер кен бір рудниктен түссе және байыту фабрикасы кен шығаратын орынға орналасса (кейде кен фабрикаға тікелей шахта стволынан түседі) ұсату бөлімінің жұмыс режимі кен түсу режимімен сәйкес болады.

Ұсату бөлімі көбінде тәулігіне 14 не 21сағат, 6 күн жұмыс істейді. Басты корпуста жұмыс үздіксіз жүргізіледі. Оның кенмен үздіксіз қамтамасыз ету үшін ұсатылған кеннің бір жарым тәулікке жететін қоры бункерге жиналады. Сусыздандыру цехтары басты корпус жұмыс режимімен, демек үздіксіз істейді.

Байыту фабрикасының өнімділігі басты корпус арқылы белгілі уақыт ішінде (сағаттық, тәулік) байыту процестерінен өтетін кеннің массасымен анықталды.

Жұмысшылардың еңбек өнімділігі бір ай ішінде байытылған кеннің және алынған товарлы концентраттық массасы (m) жұмысшылардың орта тізімді санына бөлумен анықталады. Сменалық жұмыскерлер өнімділігі кеннің және товарлы концентраттың орташа тәулік үлесін тәулік кезінде жұмысқа шыққан адам санына бөлумен табылады.

Байыту фабрикасының жұмысының тиімділігін анықтайтын негізгі экономикалық көрсеткіштерге бір тонна товарлы концентратты шығарудың өзіндік құны не бір тонна кенді байытудың құны жатады.

Кенді байыту құны технологиялық байыту схемалардың күрделілігімен, қолданылатын заттардың (реагенттердің және басқалардың) сандары және құндарымен анықталады. Кен байытудың өзіндік құны күрделі құрамды түсті металдар кендері өнделетін флотациялық фабрикаларында ең жоғарғы шамада болады.

Бір тонна кен байытудың өзіндік құнында әртүрлі қажеттерге жұмсалудың проценттік үлестері ірі өнімді аппатит – нефелинді кен байыту фабрикасын мысал етіп қарасақ былай сипатталады (%):

Реагенттер	2,76
Шарлар мен футеровкалар	13,3
Сүзгіш маталар	1,0
Концентратты құрғатуға жағылатын отын (көмір, мазут)	15,8
Электр энергиясы	5,79
Су	1,18
Еңбек ақы	11,7
Негізгі жабдықтардың амортизациясы	16,7
Реагент бөлімінің қызметі	0,86
Шаң ұстау шығындары	1,71
Қалдық қоймасының жұмысын реттеу шығындары	2,2
Бөлімдер шығындары	27,0
Барлығы	100%

Ірі өнімді байыту фабрикасында әр өңдеу сатысының құны және энергия шығыны проценттік үлестері орта мөлшермен былай сипатталады:

Операциялар	Энергия шығыны	Өңдеу сатысының құны
Ұсату		
Ұнтақтау	15,1	19,6
Байыту	31,8	28,7
Сусыздандыру	33,8	36,4
Қалдықты тасымалдау	6,6	4,3
Сумен жабдықтау, басқалары	3,9 8,8	3,0 8,0
БАРЛЫҒЫ		100 %

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

- 1 Абрамов А.А Флотациялық байыту әдістері. М. :Недра, 1984.
- 2 Адамов Э.В., Кисляков Л.Д., Нагирняк Ф. И. СССР фабрикаларында түсті, сирек және асыл металдар кендерін байыту тәжірибесі. М: Недра, 1964.
- 3 Глембоцкий В.А., Классен В.И. Флотация. М. :Недра, 1973.
- 4 Кармазин В.И., Кармазин В.В. Магнитті байыту әдістері. М.: Недра, 1978.
- 5 Польшкин С.И. 6 Адамов Э.В. Түсті және сирек металдар кендерін байыту. М. : Недра, 1975.
- 6 Руденко К.Г., Шемаханов М.М. Сусыздандыру және шаңсыздандыру. М. : Недра, 1981.
- 7 Шилаев В.П. Пайдалы қазбаларды байыту негіздері. М. : Недра, 1986.
- 8 Шохин В.И., Лопатин А.Г. Гравитациялық байыту әдістері. М.: Недра. 1980.
- 9 Хан Г.А. Байыту технологиясының процестерін сынамалау және бақылау. М. : Недра, 1979.
- 10 Көшербаев К.Т. Флотациялық байыту әдістері. Алматы, ҚазҰТУ, 2000.

1-ҚОСЫМША

1–кесте. ГОСТ 48-77-74 бойынша мысты кендерден алынатын мыс концентраттарына қойылатын техникалық талаптар (құрам, %)

Марка	Cu аз емес	Қосымшалар көп емес		Марка	Cu аз емес	Қосымшалар көп емес	
		Zn	Pb			Zn	Pb
КМО	40	2	2,5	КМ5	20	10	8
КМ1	35	2	3,0	КМ6	18	11	9
КМ2	30	3	4,5	КМ7	15	11	9
КМ3	25	5	5,0	ППМ	12	11	9
КМ4	23	9	7,0				

Ескерту:

- Молибден үлесі концентраттың барлық маркаларында 0,12 %-тен артпауы керек.
- Құрғатылған концентратта ылғалдық 14 %-тен артпауы керек.

2–кесте. ГОСТ 48-31-81 бойынша мырышты кендерден алынатын мырыш концентраттарына қойылатын техникалық талаптар (құрам, %)

Марка	Zn аз емес	Fe көп емес	Қосымшалар көп емес		
			SiO ₂	Cu	As
КЦ0	59	4	2	0,9	0,05
КЦ1	56	5	2	1,0	0,05
КЦ2	53	7	3	1,5	0,1
КЦ3	50	9	4	2,0	0,3
КЦ4	45	12	5	3,0	0,5
КЦ5	40	13	6	3,0	0,5
КЦ6	40	16	6	4,0	0,5
КЦ4	40	18	6	3,5	0,5

Ескерту:

- Фтордың үлесі концентраттың барлық маркаларында 0,02 %-тен артпауы қажет.
- Құрғатылған концентратта ылғалдық 9%-тен, құрғатылмағандарында 12-18 %-тен артпауы қажет.

3–кесте. ГОСТ 48-92-75 бойынша қорғасынды кендерден алынатын қорғасын концентраттарына қойылатын техникалық талаптар (құрам, %)

Марка	Pb аз емес	Қосымшалар көп емес		Марка	Pb аз емес	Қосымшалар көп емес	
		Zn	Cu			Zn	Cu
КС0	73	2:5	1,5	КС5	50	10	4
КС1	70	3	1,7	КС6	45	11	5
КС2	65	4	2	КС7	40	13	6

КС3	60	6	2,5	ППС	30	-	-
КС4	55	8	2,5	ППМ	20	-	20

Ескерту:

Құрғатылған концентраттарда ылғалдық 7 %-тен, құрғатылмаған дарында 12-16 %-тен артпауы қажет.

4-кесте. ГОСТ 212-76 бойынша молибден кендерінен алынатын молибден концентраттарына қойылатын техникалық талаптар (құрам, %)

Марка	Мо аз емес	Қосымшалар көп емес							
		SiO ₂	As	Sn	P	Cu	Na ₂ O	WO ₃	Sb
КМГ- В	58	0,3	0,03	0,01	0,01	0,01	0,8	2	0,01
КМГ- 1	56	0,4	0,04	0,01	0,01	0,01	0,8	4,5	0,01
КМГ- 2	54	0,7	0,07	0,01	0,02	0,02	1,0	5,0	0,01
КМГ- В	52	4,0	0,03	0,02	0,02	0,4	-	-	-
КМГ- 1	51	5,0	0,04	0,02	0,02	0,4	-	-	-
КМФ-2	48	7,0	0,05	0,04	0,03	0,7	-	-	-
КМФ-3	47	9,0	0,06	0,05	0,05	1,0	-	-	-
КМФ-4	45	11,0	0,07	0,07	0,05	2,0	-	-	-

Ескерту :

1. КМГ – гидрометаллургиялық концентрат.
2. КМФ – флотациялық концентрат.

5–кесте. ГОСТ 444-75 бойынша сульфидті кендерден алынатын пирит концентраттарына қойылатын техникалық талаптар (құрам, %)

Марка	Күкірт аз емес	Марка	Күкірт аз емес
КСФ - 0	50	КСФ-3	42
КСФ - 1	48	КСФ-4	38

Ескерту: Концентраттарда ылғалдылық 3,8 %-тен артпауы қажет.

6–кесте. ГОСТ 48-32-80 бойынша қалайы кендерінен алынатын қалайы концентраттарына қойылатын техникалық талаптар (құрам, %)

Марка	Sn аз емес	Қосымшалар, көп емес						
		Pb	As	S	Cu	Zn	F	WO ₃
КО-1	60	2,0	0,3	0,3	-	-	-	5,0
КО-2	45	2,0	0,3	0,3	-	-	-	5,0
КОЗ-1	30	2,0	10	-	-	-	-	5,0
КОЗ-2	15	2,0	10	-	-	-	-	-
КОШ-1	15	2,0	2,0	8,0	0,5	3,0	-	5,0
КОШ-2	8	2,0	1,5	8,0	0,5	3,0	-	5,0
КОШ -3	5	3,0	0,5	-	-	-	-	5,0
КОС-1	15	5,0	2,0	15	0,5	3,0	0,5	5,0
КОС-2	8,0	5,0	1,5	15	0,5	3,0	0,5	5,0
КОС-4	5,0	-	0,5	-	-	-	0,5	5,0

7–кесте. ГОСТ 213-83 бойынша вольфрам кендерінен алынатын вольфрам концентраттарына қойылатын талаптар (құрам,%)

Марка	WO ₃ аз емес	Қосымшалар, көп емес						Ылғалдылық
		P	S	As	Sn	Cu	SiO ₂	
КВГ -1	65	0,05	0,7	0,1	0,15	0,15	5	2
КВГ- 2	60	0,05	0,8	0,1	0,2	0,15	5	2
КШИ	65	0,02	0,45	0,1	0,1	0,05	1,5	6
КШ	60	0,04	0,6	0,05	0,08	0,1	1,0	6
КМШ -1	65	0,03	0,3	0,02	0,01	0,1	1,2	4
КМШ -2	60	0,04	0,3	0,04	0,02	0,1	5,0	6
КМШ -3	65	0,04	0,6	0,02	0,2	0,1	10	6
КВГ (Т)	60	0,1	1,0	0,1	1,0	0,1	0,51	2
КВГ (К)	65	0,1	0,7	0,08	1,0	0,4	5	2
КВП (К)	67	0,05	0,05	0,07	0,9	0,05	3,0	1,5
КШ (Т)	55	0,3	1,5	0,1	0,2	0,2	-	6

Ескерту:

1. КВГ–вольфрамит-гюбнеритті, КШИ–жасанды шеелитті, КШ–шеелитті, КМШ – молибден-шеелитті концентраттар
2. КВП (К) – маркалы концентратқа мемлекеттік сапа белгісі берілген.

8–кесте. Темір концентраттарына қойылатын талаптар (құрам, %)

Концентраттар	Ірілік. мм	Fe аз емес	Қосымшалар көп		Ылғалдылық
			S	P	
Магнитті	0,1-0	64	-	-	9,5-11,5
Магнит-гематитті	0,5-0	63,5	-	-	1-8
Сидеритті	-8+0 -60+0	46	0,2	-	-
Қоңырлы темірлі	2-0	49	0,08	0,8	6-12
Қыздырумен магниттелген	-	65	-	-	12,5

9–кесте. Хром концентраттарына қойылатын талаптар (құрам, %)

Концентраттар	Cr ₂ O ₃ аз емес	Қосымшалар көп емес				Cr ₂ O ₃ Fe O	Ірілік мм
		SiO ₂	S	CaO	P		
КХД-1	48	8	0,05	0,8	0,05	3,5	10-100
КХД-2	50	7	0,08	0,8	0,05	3,6	3-10
КХД-3	50	7	0,08	0,8	0,05	3,6	0,3

10–кесте. Фосфоритті байыту фабрикаларында алынатын фосфор концентраттарына қойылатын техникалық талаптар (құрам, %)

Кен орындары	P ₂ O ₅ аз емес	Қосымшалар көп емес			
		CO ₂	MgO	Fe ₂ O ₃	Ерімейтін қалдық
Кингисепп кен орнынан алынатын	28	6–0,5	2,5	–	–
Қаратау кен орнынан алынатын концентрат ТУ-6-25-75 және ТУ-6-25-8-74	24, 5	8	3,5	–	–
	21	–	–	3	15–18

Ескерту: Ылғалдылық 1 %-тен артпауы қажет.

1-кесте. Маңызды минералдар

Минералдың аты	Химиялық формуласы	Тығыздық кг/м ³	Қаттылық	Негізгі элемент үлесі, %
Мыс минералдары				
Халькопирит	CuFeS ₂	4200	3,5	4,6
Борнит	Cu ₅ FeS ₄	4500	3,5	63,6
		5400		
Халькозин	Cu ₂ S	5500	2,5	79,9
Ковеллин	CuS	4600	1,8	66,5
Азурит	Cu ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₂	3750	3,5	69,2
Малахит	Cu ₂ CO ₃ (OH) ₂	4000	4,0	57,5
Куприт	Cu ₂ O	6000	4,0	88,8
Қорғасын минералдары				
Галенит	PbS	7500	2,5	86,6
Церуссит	PbCO ₃	6500	3,2	77,6
Англезит	PbSO ₄	6250	3,0	68,3
Мырыш минералдары				
Сфалерит	ZnS	4000	4,0	67,1
Смитсонит	ZnCO ₃	3800	2,5	59,5
Каламин	ZnnSiO ₃	3400	4–5	53,0
		3500		
Молибден минералдары				
Молибденит	MoS ₂	4800	1–3	59,9
Повеллит	CaMoO ₄	4500	3,5	48,2
Қалайы минералдары				
Касситерит	SnO ₂	7000	6–7	78,8
Станнит	Cu ₂ FeSnS ₄	4500	4,0	27,6
Вольфрам минералдары				
Вольфрамит	(Fe, Mn)WO ₄	7300	5–5,5	76,5
Гюбнерит	MnWO ₄	7300	4–4,5	60,7
Шеелит	CaWO ₄	600	5,0	63,9
Сурьма минералдары				
Антимонит	Sb ₂ S ₃			
Висмут минералы				
Висмутин	Bi ₂ S ₃	6800	2–2,65	81,3
Никель минералдары				
Пентландит	(Fe, Ni) ₉ S ₈	4500	3–4	31,22
		5000		
Миллерит	NiS	5200	3–3,5	64,67
		5600		
Никелин	NiAs	7300	5–5,5	43,9
		7700		
Сынап минералдары				
Киноварь	HgS	3600	4,5	86,2

1–кестенің жалғасы

Минералдың аты	Химиялық формуласы	Тығыздық кг/м ³	Қаттылық	Негізгі элемент үлесі, %
Темір минералдары				
Магнетит	Fe ₃ O ₄	5000	6,0	72,4
Гематит	Fe ₂ O ₃	5100	6,0	69,9
Лимонит	Fe ₂ O ₃ nH ₂ O	3500	5–5,5	59,8
		3800		
Сидерит	FeCO ₃	3800	3,5	62,1
Пирит	FeS ₂	5000	6,0	46,5
Нирротин	Fe _x S _{x+1}	4600	4,0	64,5
Титан минералдары				
Ильменит	FeTiO ₃	4700	5–6	52,7
Рутил	TiO ₂	4200	6	61,0
Цирконий минералы				
Циркон	ZrSiO ₄	4700	7,5	67,0
Марганец минералдарым				
Псиломелан	mMnOMno ₂ nH ₂ O	4200	5,5	60–80
Пиролозит	MnO ₂	4800	2,2	63,2
Манганат	Mn ₂ O ₃ H ₂ O	4300	4,0	62,5
Кальций минералдары				
Кальцит	CaCO ₃	2700	3,0	56
Гипс	CaSO ₄ 2H ₂ O	2300	1,5–2	32,5
Хром минералы				
Хромит	FeOCr ₂ O ₃	4400	8,0	68
Бериллий минералдары				
Берилл	Be ₃ Al ₂ (Si O ₃) ₆	2700	6,0	14,1
Магний минералдары				
Магнезит	CaCO ₃ MgCO ₃	3100	4,0	47,8
Доломит	KMgCl ₃ 6H ₂ O	2900	3,5–4,0	21,9
Карналлит		1600	1,0	6,7
Стеатин /талык	3MqO4SiO ₂ H ₂ O	2600	1,5	31,7
Көміртек минералдары				
Графит	C	2150	1–2	95–99
Алмаз	C	3500	10	95–99
Алюминий минералдары				
Боксит	Al ₂ O ₃ 2H ₂ O	2500	3,0	74
Нефелин	KNaAlSiO	2600	5,5	33

1–кестенің жалғасы

Минералдың аты	Химиялық формуласы	Тығыздық кг/м ³	Қаттылық	Негізгі элемент үлесі, %
Фтор минералдары				
Флюорит	CaF ₂	3200	4,0	48,9
Литий минералдары				
Сподумен	LiAl(SiO ₃) ₂	3200	6,5–7	75
Кремний минералдары				
Кварц	SiO ₂	2650	7,0	46,7
Барий минералдары				
Барит	BaSO ₄	4400	2,5–3,5	65,7
Фосфор минералдары				
Аппатит	Ca(PO ₄) ₆ (F, OH) ₂	3200	4,5–5	42,3
Фосфорит	Ca ₃ (PO ₄) ₂	3200	4,5–5	42,3

1–кесте. Жақты ұсатқыштардың техникалық сипаттамалары

Ұсатқыштың типі	Қабылдау тесігінің өлшемі, мм		Бастапқы заттың ең үлкен ірілігі	Шығару тесігінің көлденеңі, мм	Номиналды жырыққа сай көлемдік өнім, м ³ /сағ	Электродвигательдің қуаты, кВт	Ұсатқыштың массасы, т
	Көлденеңі	Ұзындығы					
Күрделі қозғалысты жақты ұсатқыштар							
ЩДС-1, 5x2,5	160	250	140	15–45	2,8	10	1,5
ЩДС-2,5x9	250	900	210	20–60	14	40	8,0
ЩДС-4x9	400	900	340	40–90	25	55	12
ЩДС-6x9	600	900	510	75–125	55	75	20
Қарапайым қозғалысты жақты ұсатқыштар							
ЩДП-4x6	400	600	340	45–75	15	40	8,0
ЩДП-6x9	600	900	510	75–125	50	75	27
ЩДП-9x12	900	1200	750	95–165	160	100	76
ЩДП-12-15	1200	1500	1000	110–190	280	160	146
ЩДП-15x21	1500	2100	1300	135–225	550	250	260
ЩДП-21-25	2100	2500	1700	185–315	800	400	470

2–кесте. Конусты ұсатқыштардың техникалық сипаттамалары

Ұсатқыштың типі	Қабылдау тесігі көлденеңі, мм	Бастапқы заттың үлкен ірілігі, мм	Шығару тесігінің көлденеңі, мм	Номиналды жырыққа сай көлемдік өнімділігі, м ³ /сағ	Электродвигательдің қуаты, кВт	Ұсатқыштың массасы, т
Ірі ұсататын конусты ұсатқыштар (ККД)						
ККД-500/75	500	420	75	150	125	38.5
ККД-900/140	900	750	140	400	250	18.5
ККД-1200/150	1200	1000	150	560	2x200	229
ККД-1500/180	1500	1300	160:180	1150:1300	2x315	393
ККД-1500/300	1500	1200	300	2600	2x400	610
Орташа ұсататын конусты ұсатқыштар (КСД)						
КСД-600	75	60	12–35	12–35	30	5
КСД-900	130	100	15–40	30–45	55	12.5
КСД-1200	185	150	20–50	70–105	75	24
КСД-1750	250	200	25–60	160–300	160	53
КСД-2200	450	360	45–65	480–660	320	–
КСД-3000	600	500	50–80	750–1200	400	–
Ұсақ ұсататын конусты ұсатқыштар (КМД)						
КМД-1200	50	40	3–12	24	75	24
КМД-1750	130	100	9–20	95–130	160	47

2–кестенің жалғасы

Ұсатқыштың типі	Қабылдау тесігі көлденең, мм	Бастапқы заттың үлкен ірілігі, мм	Шығару тесігінің көлденеңі, мм	Номинальды жырыққасай көлемдік өнімділігі, м ³ /сағ	Электродвигательдің қуаты, кВт	Ұсатқыштың массасы, т
КМД-2200	140	110	10–20	220–260	250	98
КМД-3000	150	120	6–20	160	400	–

3–кесте. Екі валкалы ұсатқыштардың техникалық сипаттамалары

Ұсатқыштың типі	Валкалар өлшемі, мм		Бастапқы заттың ең үлкен ірілігі, мм	Шығару тесігінің көлденеңі, мм	1-минутта айналу саны	Электродвигательдің қуаты, кВт	Өнімділік, м ³ /сағ	Ұсатқыштың массасы, т
	Диаметрі	Ұзындығы						
Тегіс бетті валкалы ұсатқыштар								
400x250	400	250	2-12	200	2x4.5	2-16	2.2	20
600x400	600	400	2–14	180	2–7,5	4,3–3	23,4	30
800x500	800	500	4–16	150	26	10–43	12,5	40
1000x550	1000	550	4–18	100	40	11–53	36,15	50
1500x600	1500	600	4–20	86	55	16–65	32,4	75
Бұдыр бетті валкалы ұсатқыштар								
ДРГ-600x400	600	400	10–30	175	20	18–54	33,3	60
Тісті бетті валкалы ұсатқыштар								
ДД 6	630	800	50–150	50	20	60–150	9,9	500
ДД 10	1000	1250	100–240	35	40	125–500	23,5	800
ДД 16	1500	2000	200–400	41	250	650–1000	107,6	1000

4–кесте. Бір роторлы балғалы ұсатқыштардың сипаттамалары

Ұсатқыштың типі	Ротор, мм	Өлшемі, мм	Бастапқы заттың ең үлкен ірілігі	Колосникті ротордың жырығының көлденеңі, мм	Ротордың 1 мин. айналу саны	Өнімділігі т/сағ	Ұсатқыштың массасы, т
	Диаметр	Ұзындығы					
М-6-4 (СДМ-112)	600	400	150	25	1500	12–15	1.5
М-8-6 (СМ-431)	800	600	250	13	1300	20–48	3.0
М-13-16 (СМ-170Б)	1000	1600	400	10	750	150–200	11
М-20-20 (СМД-97А)	2000	2000	600	15	500	600	46

4–кестенің жалғасы

Ұсатқыштың типі	Ротор, мм	Өлшемі, мм	Бастапқы заттың ең үлкен ірілігі	Колосникті ротордың жырығының көлденеңі, мм	Ротордың 1 мин. айналу саны	Өнімділігі т/сағ	Ұсатқыштың массасы, т
	Диаметр	Ұзындығы					
М-20-30 (СМД-98А)	2000	3000	600	15	500	850–1000	60

5–кесте. Барабанды диірмендердің техникалық сипаттамалары

Диірменнің типі	Барабанның өлшемі, мм		Барабанның көлемі, м³	Барабан-ның минутына айналым саны	Электродвигатель қуаты, кВт	Диірменнің массасы, т
	Диам.	Ұзын.				
Білікті диірмендер						
МСЦ-1200x2400	1200	2400	2,2	27	40	13,5
МСЦ-2100x2200	2100	2200	6,5	18,7	160	46,0
МСЦ-2100x3000	2100	3000	8,8	19,7	200	52,0
МСЦ-2700x3600	2700	3600	18	15,6	400	81,0
МСЦ-3200x4500	3200	4500	32	14,4	800	140
МСЦ-3600x5500	3600	5500	49	13,7	1000	170
МСЦ-4000x5500	4000	5500	61	13,0	2000	250
МСЦ-4500x6000	4500	6000	85	12,5	2500	310
Шарлы диірмендер						
МШР-1500x1600	1500	1600	2,3	0	55	16,5
МШР-2100x2200	2100	2200	6,6	24,4	160	40,5
МШР-2100x3000	2100	3000	8,8	24,4	200	45,5
МШР-2700x3600	2700	3600	18	21	400	78
МШР-3200x4500	3200	4500	32	19,8	1000	141
МШР-3600x5000	3600	5000	45	18,1	1250	165
МШР-4500x5000	4500	5000	71	16,5	2500	300
МШР-4500x6000	4500	6000	85	16,5	2500	–
МШР-5500x6500	5500	6500	141,5	13,6	–	–
МШР-6000x8000	6000	8000	208	13,2	–	–
Кенді ұсақпен ұсату диірмендері						
МГР-4000x7500	4000	7500	83	17,4	1600	310
МГР-5500x7500	5500	7500	160	13,6	3200	650
МГР-6000x1250	6000	12500	320	13,2	6200	900
Кен өзін-өзі суда ұсақтайтын диірмендер						
ММС-5000x1800	5000	1800	30	13,5–18,4	620	167
ММС-7000x2300	7000	2300	75	13	600	382
ММС-9000x3000	9000	3000	160	11,5	4000	722
ММС-9000x3500	9000	3500	195	11,5	4000	755
ММС-10000x5000	10000	5000	300	10,2	2x4000	1600

6-кесте. Көлбеулі екпінді елеуіштердің техникалық сипаттамалары

Елеуіш типі	Торлы беттің размері, мм		Торлы беттің ауданы, м	Елеуіш торының саны	Тор тесік- терінің диаметрі мм	Түскен заттың ең ірісі, мм	1 минут- тегі діріл- деткіш валдың айналым саны	Өнім- ділік мөл- шері т/сағ	Элек- тродви- гатель қуаты, кВт	Гро- хот- тың масса- сы, т
	Көл- денеңі	Ұзынды - ғы								
Ауыр типті елеуіштер										
ГИТ51А	1750	3500	6,125	1	12:20	400	600-750	400	20	6,25
ГИТ71	2500	500	12	1	50:80 50:120	800 1000	650			
Жеңіл типті елеуіштер										
ГИСЛ62	2000	5000	10	2	40:12	450	735	—	2x17	8,75
ГИСЛ72	2500	6000	15	2	40:12	450	735	—	2x22	12
ГИСЛ82	3000	7000	21	2	40:12	440	735	—	2x40	18,5
ГИЛ32	1250	2500	31,25	2	6–10 20–25	100	1200	1200	4,5	1,8
ГИЛ42	1500	3750	5,625	2	20–50 6–30	150	1000	1000	10	3
ГИЛ52	1750	4500	7,875	2	20–100 6–30	140	1000	1000	10	3,5

7-кесте. Спиральді классификатордың техникалық сипаттамалары

Классифика-тордың типі	Спираль саны	Спираль диаметрі, мм	Спираль ұзындығы, мм	Спиральдің минутына айналу саны	Электродвигательдің қуаты, кВт	Классификатордың массасы, т
Батпаған спиральды классификаторлар						
1КСН 12	1	1200	6500	4,1	5,5	1
1КСН 15	1	1500	8200	3,4	7,5	13
1КСН 20	1	2000	8400	2,0	13	19
1КСН 24	1	2400	9200	1,8	13	23
1КСН 30	1	3000	12500	1,5	30	42
1КСН 24	1	2400	9200	3,5	32	37
1КСН 30	1	3000	12500	3,0	40	52
Батқан спиральды классификаторлар						
1КСП 12	1	1200	8400	4,1	5,5	10,5
1КСП 15	1	1500	10100	3,4	7,5	19
1КСП 20	1	2000	13000	2,5	13	31
1КСП 24	1	2400	14000	2,0	13	35
1КСП 30	1	3000	15500	1,5	30	60
2КСП 12	2	1200	8400	8,3	10	17
2КСП 15	2	1500	10100	6,8	10	32
2КСП 20	2	2000	13000	5,0	22	56
2КСП 24	2	2400	14000	4,0	30	63,5

8-кесте. Жеке және батарейлі гидроциклондардың техникалық сипаттамалары

Гидроциклонның типі	Гидроциклонның диаметрі, мм	Гидроциклонның саны	Тесіктердің диаметрлері, мм			Өнімділігі, т/сағ	Гидроциклонның массасы, т
			Бастапқы зат түсетін	Ағызынды шығатын	Құм шығатын		
Жеке гидроциклондар							
ГЦ 15	150	1	25-40	40-70	12-25	9-25	0,12
ГЦ 25	250	1	40-60	50-100	17-75	18-55	0,26
ГЦ 50	500	1	60-100	100-215	34-100	55-200	0,78
ГЦ 100	1000	1	175-320	200-400	60-150	325-1200	3,3
ГЦ 1400	1400	1	300	375	150	1650	4,5
Батарейлі гидроциклондар							
ГБ 1		5	50-68	78	24-48	500	2,95
ГБ 3		3	50-68	78	24-48	300	1,90
ГБ 5		8	50-68	78	24-48	800	4,5

9–кесте. Отсадкалау машиналарының техникалық сипаттамалары

Отсадкалау машина типі	Бөлімше (камера) саны	Отсадкалау торының пайдалы ауданы, м	Минутіне тербелу саны	Электродвигатель қуаты, кВт	Байытылатын заттың ірілігі, мм	Өнімділігі, т/сағ	Машина массасы, т
Диафраграмалы машиналар							
МОД 1М	2	1	130-350	1,1	0,5-15	7-12	1,0
МОД 2М	2	2	130-350	2,2	0,5-15	7-30	1,8
МОД 3М	3	3	130-350	2x2,2	0,5-30	10-40	2,7
МОД 4М	4	4	126-350	2x2,2	0,5-30	20-55	3,5
Поршенсіз							
ОМК 12	6	12	36-67	2,8	0,5-13	120-200	23,4
ОМК 18	6	18	36-67	2,8	0,5-13	180-200	36,7
ОМШ 18	4	8,0	36-67	2,8	13-80	160	21,0
ОМШ 12	6	12	36-67	2,8	13-80	240	28,0
ОМ 8	4	8	30-80	1,6	0,5-13	120	15,2
ОМ 12	6	12	50-80	1,6	0,5-125	300	22,3
ОМ 18	6	18	60-80	1,6	0,5-100	600	27,8
ОМ 24	6	24	30-80	1,6	–	650	37,4

10–кесте. Ауыр ортада бөлгіштердің техникалық сипаттамалары

Бөлгіш типі	Бөлгіш ваннасының диаметрі (көлемі), мм	Ванның көлемі, м ³	Байытылатын зат ірілігі, мм	Өнімділігі, т/сағ	Электродвигатель қуаты, кВт	Машина массасы, т
Конусты бөлгіштер						
Екі өнімді						
Д-3,5	3500	17,2	6-100	100-180	4,5	7,1
Д-6	6000	84	6-100	400-700	7,0	27,1
Донғалақты бөлгіштер						
СКВ-20	2000	8	25-100	190-240	7,7	16,5
СКВ-32	3200	18	25-100	300-380	13,2	27,5
Үш өнімді						
СТТ-20	2000	2x18	25-300	190-240	17,2	37,0

11–кесте. Жинағыш столдардың техникалық сипаттамалары

Жинағыш столдардың типі	Деканың ауданы, м ²	Деканың тербелу саны	Деканың тербелу жолы, мм	Түсетін зат ірілігі, мм	Өнімділігі, т/сағ	Электродвигатель қуаты, кВт	Деканың саны	Столдың массасы, т
СК 22П	22,5	3	230-350	16-20	0,2-3	3-9	2,2	3,8
СКО 2	2,0	1	280-350	16-26	0,04-3	0,1-3	0,6	0,45
СКО-7,5	7,5	1	280-350	10-20	0,04-3	0,3-3,5	1,1	1,5
СКО-15	15	2	280-350	10-20	0,04-3	0,6-7	2,2	2,26
СКО-22	22,5	3	280-350	10-20	0,04-3	0,9-10	2,2	2,93

11–кестенің жалғасы

Жинағыш столдардың типі	Деканың ауданы, м ²	Деканың тербелу саны	Деканың тербелу жолы, мм	Түсетін зат ірілігі, мм	Өнімділігі, т/сағ	Электродвигатель қуаты, кВт	Деканың саны	Столдың массасы, т
СКО-30	30	4	280-350	10-20	0,04-3	1,2-14	2,2	5,7
СКО-37	37	5	280-350	10-20	0,04-3	1,5-17	2x2,2	5,8
СКО-45	45	6	280-350	10-20	0,04-3	1,8-20	2x2,2	6,35

12–кесте. Флотациялау машиналарының техникалық сипаттамалары

Флотомашина типі	Камера көлемі, м ³	Импеллердің минутына айналу саны	Электродвигательдің қуаты, кВт	Өнімділігі, м ³ /мин	Камераның 1 м көлеміне сорылатын ауа көлемі, м/мин
Механикалық машиналар					
ФМ 0,4	0,38	460	1,7	0,25	1-1,2
ФМ 1,2	1,35	300	5,5	1,5-2,5	1-1,2
ФМ 3,2	3,26	280	11	3,5-6	1-1,2
ФМ 6,3	6,25	240	22	7-12	1-1,2
МФ У6	6,3	580	30	7,5	1-1,2
МФ У12	12,5	580	40	14,5	1-1,2
Пневмомеханикалық машиналар					
ФПМ 3,2	3,26	280	7,5	–	1,0
ФПМ 6,3	6,3	240	22	–	6,8
ФПМ 12,5	12,5	200	45	–	0,8
Пневматикалық машиналар					
ФП 10	10	–	–	5	–
ФП 40	40	–	–	10	–

13–кесте. Магнитті бөлгіштердің техникалық сипаттамалары

Магнитті бөлгіштің типі	Валдың не барабанның диаметрі, м	Валдың не барабанның ұзындығы, мм	Валдың не барабанның саны	Магнит өрісінің кернеуі, кА/м	Электродвигательдің қуаты, кВт	Бөлгіштің массасы, т
Күшті магнитті кендерді бөлгіштер						
ЭБМ 280/170	800	1700	1	150	3	5,1
ПБМ 90 250	900	2500	1	105-126	4	4
ПБМ 120 300	1200	3000	1	105-125	5,5	7,4
ПБМ 150 400	1500	4000	1	–	7,5	–
ЧПБС 63 200	630	2000	4	100-110	8,2	10,5
Әлсіз магнитті кендерді бөлгіштер						
2ЭВМ 30 100	300	1000	2	1200	6	7
2ЭВМ 38 250	380	2500	2	1350	15	20
ЧЭВМ 250	380	2500	4	1350	33	37,6

14–кесте. Цилиндрлі қойылдырғышың техникалық сипаттамалары

Қойылдырғыш типі	Чанның диаметрі м	Қойылдыру ауданы, м ²	Қойылдырғыштың бір айналымдық уақыты, мин	Электродвигательдің, кВт	Қойылдырғыштың массасы, т
Орталық қозғалтқышты қойылдырғыштар					
Ц 12.5	2,5	5,0	2,0	0,8	1,6
Ц 6-М1	6,0	28	4,0	2,2	9,5
Ц 12-М1	12	110	6,0	3,0	11,4
Ц 18-М1	18	250	9,0	4,0	16,9
Ц – 30	30	700	11–46	3,3×2,0	–
Ц – 50	50	1960	15, 18, 26	5,5×2,0	75,2
Ц – 75	75	3850	26–60	17	–
Шеткі қозғалтқышты қойылдырғыштар					
П – 18	18	360	10	3,0	16,7
П – 25	25	500	9–13	7,1–10,5	31,8
П – 30	30	700	11–19,3	7,1–10,6	34,2
П – 50	50	1963	13–32	8,13–20	72

15–кесте. Дискалы вакуум сүзгіштердің техникалық сипаттамасы

Вакум сүзгіштерінің типі	Сүзу ауданы, м	Диска диаметрі, м	Дискалар саны	Дискалардың айналу саны мин.	Электродвигательдің қуаты, кВт	Вакуум сүзгіштің массасы, т
ДУ 51 – 2.5	51	2,5	6	0,18–0,9	3	10,1
ДУ 68 – 2.5	68	2,5	8	0,18–0,9	3	12
ДУ 68 – 2.5	68	2,5	8	0,18–0,9	4	12,5
ДУ 100 – 2.5	100	2,5	12	0,18–0,9	3	16,9
ДУ 140 – 3.54	140	2,75	10	1,0–2,5	6	29,4
Горняк						
ДУ 250 – 3.75	250	2,75	14	0,3–1,2	8,5	35,1

16–кесте. Барабанды вакуум сүзгіштердің техникалық сипаттамасы

Вакум сүзгіштерінің типі	Сүзу ауданы, м	Размерлері, м	Электродвигательдің қуаты, кВт	Массасы, т
БОУ – 1,75	5	1762-960	1,1	5,27
БОУ10 – 2,6	10	2612-1350	3	7,88
БОУ20 – 2,6	20	2612-300	3	12,95
БОУ40 3–4	40	3000-4000	4,1	17,88

МАЗМҰНЫ

	Бет
Алғы сөз	3
1 Кен және минералдар туралы түсініктер	4
2 Кен байыту процестері	5
2.1 Кен байытудың қажеті	5
2.2. Кен байыту әдістері, процестері және операциялары	7
2.3 Кен байыту технологиясының схемалары	9
2.4 Кен байыту технологиясының көрсеткіштері	11
3 Кенді және байыту өнімдерін гранулометриялық талдау	15
3.1 Түйіршіктердің диаметрі және ірілік кластар туралы түсініктер	15
3.2 Елеуішті талдау	16
3.3 Седиментациялық талдау	19
4 Ұсату және ұнтақтау	21
4.1 Жалпы түсініктер	21
4.2 Ұсату процестері	21
4.3 Жақты ұсатқыштар	24
4.4 Конусты ұсатқыштар	26
4.5 Валкалы ұсатқыштар	30
4.6 Соққыш әрекетті ұсатқыштар	31
4.7 Конусты екпінді (инерционды) ұсатқыштар (КЕҰ). Конструкциялары және негізгі ерекшеліктері	33
4.8 Дірілді конусты ұсатқыштар	34
4.9 Дірілді жақты ұсатқыштар	35
4.10 Ұнтақтау процестері	37
4.11 Барабанды диірмендер	40
4.12 Ұнтақтау технологиясының даму бағыты	44
5 Елеу	47
5.1 Елеудің қолданылуы	47
5.2 Елеуіштер мен елеу тиімділігі	48
5.3 Қозғалмайтын елеуіштер. Колосникті елеуіштер	50
6 Классификация	55
6.1 Минерал түйіршіктерінің суда және ауада шөгу заңдылықтары	55
6.2 Классификация процесі	59
6.3 Классификаторлар	60
6.4 Ауада классификациялау	68

7	Гравитациялық байыту әдістері	68
7.1	Негізгі түсініктер	68
7.2	Отсадқа	69
7.3	Отсадкалау машиналары	75
7.4	Концентрациялау (жинағыш) столдарда байыту	78
7.5	Шлюздерде және винтті бөлгіштерде байыту	82
7.6	Ауыр ортада байыту	85
7.7	Пневматикалық (ауа күшімен) байыту	93
7.8	Гравитациялық байытудың технологиялық схемалары	97
7.9	Кенді шаю	101
8	Флотациялық байыту әдістері	103
8.1	Флотациялау процестері туралы түсініктер	103
8.2	Флотациялау процесінің физико-химиялық негіздері	105
8.3	Флотациялау реагенттер	108
8.4	Флотациялау машиналары	118
8.5	Флотациялау технологиясы	125
8.6	Флотациялық байытудың технологиялық схемалары	128
8.7	Флотациялық байытудың технологиялық схемалары	130
9	Магнитті байыту әдістері	135
9.1	Магнитті байытудың физикалық негізі	135
9.2	Магнитті бөлгіштер	137
9.3	Кенді магнитті байытуға дайындау	143
9.4	Магнитті байыту схемалары	144
10	Электрлік байыту әдісі	145
10.1	Электрлік байытудың физикалық	145
10.2	Электрлік бөлгіштер	147
11	Арнаулы байыту әдістері	148
11.1	Кенді қолмен және механикалық сұрыптау	148
11.2	Талғамды ұсату және декрипитация	149
11.3	Кенді үйкелу әрекеттерімен және пішініне қарай байыту	150
12	Байыту өнімдерін сусыздандыру	151
12.1	Өнімдерді сусыздандырудың қажеті	151
12.2	Дренаждау	152
12.3	Центрифугалау	153
12.4	Қойылдыру	155
12.5	Сүзу	157
12.6	Құрғату	159
13	Шаңнан тазарту және шаңда ұстау	161
13.1	Жалпы түсініктер	161

13.2	Шаң ұстағыштар	162
14	Байыту өнімдерінен бөлінген суды тазарту	165
14.1	Жалпы түсініктер	165
14.2	Былғанған суларды тазалау әдістерін тиімді қолдану	167
15	Байыту процестерін бақылау, сынамалау және автоматтандыру	173
15.1	Байыту процестерін бақылаудың және сынамалаудың қажеті	173
15.2	Байыту процестерін бақылау және сынамалау әдістері	174
15.3	Технологиялық және товарлы баланстар	177
15.4	Технологиялық процестерді автоматикалық жолдармен бақылау және реттеу	178
16	Кендерді байыту технологиясы	179
16.1	Кендердің және концентраттардың сапасы туралы түсініктер	179
16.2	Түсті металдар кендерін байыту	181
16.3	Қара металдар кендерін байыту	193
16.4	Метал емес пайдалы қазбаларды байыту	194
16.5	Көмір байыту	196
17	Минералды шикізаттарды комплексті пайдалану	197
17.1	Түсті металдар кендерін комплексті пайдалану	200
18	Пайдалы қазбаларды кесектеу	206
18.1	Жалпы түсініктер	206
18.2	Агломерация және илей іріктеу	206
18.3	Брикеттеу	208
19	Байыту фабрикалары	209
19.1	Байыту фабрикаларының түрлері	209
19.3	Байыту фабрикаларының құрамы	210
19.4	Қалдық сақтау қоймасы	211
19.5	Еңбек қорғау және қауіпсіздік техникасы	217
19.6	Еңбекті ұйымдастыру және өндіру экономикасы	218
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	220
	1 – қосымша	221
	2 – қосымша	225
	3 – қосымша	228
	Мазмұны	236

КӨШЕРБАЕВ ҚАУАН ТОҚТАРҰЛЫ

КЕН БАЙЫТУ НЕГІЗДЕРІ

(оқулық)