

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес
акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен-металлургия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы

Абылхан Нұрмұхамед Талғатұлы

«Құрамында алтыны бар кендерді өңдеу үшін механохимиялық активтендіруді зерттеу»

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

6B07203- Metallургия және пайдалы қазбаларды байыту

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес
акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы таукен-металлургия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНИТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ:
Кафедра меңгерушісі
тех. ғыл. кандидаты, қауым. проф.
Т.М. Барменшинова М.Б
« » 202 ж.

Дипломдық жобаға
Түсініктемелік жазба

«Құрамында алтыны бар кендерді өңдеу үшін механохимиялық активтендіруді зерттеу»

6B07203- Metallургия және пайдалы қазбаларды байыту

Орындаған:

Абылхан Нұрмұхамед Талғатұлы

Рецензент:
PhD Доктор, Қазақстан-Британ техникалық
университетінің «Перспективалық
материалдар мен технологиялар»
лабораториясының басшысы

Жетекшісі:
Техн. ғыл. канд., қауым. профессор
Г.С. Турысбекова Г.С.
«06» маусым 2023 ж.

Ш.Х. Шарипов Р.Х.
«6» маусым 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

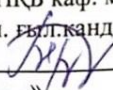
«Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес
акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы тау кен-металлургия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы

6B07203- Metallургия және пайдалы қазбаларды байыту

БЕКІТЕМІН

МжПҚБ каф. меңгерушісі,
техн. ғыл. канд., қауым. проф.
 Барменшинова М.Б.
« _____ » _____ 2023 ж.

**Дипломдық жобаны даярлауға
ТАПСЫРМА**

Абылхан Нұрмұхамед

Білім алушы: Абылхан Нұрмұхамед Талғатұлы

Тақырыбы: «Құрамында алтыны бар кендерді өңдеу үшін механохимиялық активтендіруді зерттеу»

Университет Ректорының «23» қараша 2022 жылғы №408-б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі: «24» мамыр 2023 жыл

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері:

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:



- а) Кіріспе. Механохимиялық активтендіру сипаттамасы;
 - б) Ұнтақтау процестері;
 - в) Диірмен түрлері;
 - г) Механохимиялық активтендіру процесінің артықшылықтары мен кемшіліктері;
- Дипломдық жобада 19 сурет, 1 кесте келтірілген
Ұсынылатын негізгі әдебиет атаудан тұрады.

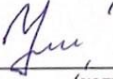
Алматы 2023

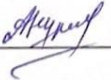
Дипломдық жобаны даярлау
КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Жобаның кіріспе бөлімі	09.02.2023 - 28.02.2023 ж	
Жобаның әдістемелік бөлімі	01.03.2023 - 11.03.2023	
Жобаның технологиялық бөлімі	13.03.2023 - 31.03.2023	
Материалдық есептеу бөлімі	13.04.2023 - 10.05.2023	

Дипломдық жобаның және оған қатысты диплом жобасының бөлімдерінің кеңесшілері мен нормалық бақылаушының қолтаңбалары

Бөлімдердің Атауы	Кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Жобаның технологиялық бөлімі	техн. ғыл. канд., қауым. профессор Турысбекова Г.С.		
Нормалық бақылаушы	Таймасова А.Н. техн. ғылым магистрі	06.06.2023	

Ғылыми жетекшісі  Турысбекова Г.С.
(колы)

Тапсырманы орындауға білім алушы  Абылхан Н.Т.

Күні «__» _____ 2023 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста М-3 планетарлық диірменінде және СВУ-2 дірілді диірменінде ұнтақтау кезінде құрамында алтыны бар кендерді механохимиялық активтендіру туралы мәліметтер келтірілген. Әр түрлі үлкендік кластары үшін активтендіру энергиясының өзгеруі есептелген. Химиялық қоспалардың минералдар бетіндегі физика-химиялық процестерге әсері зерттелді. Зерттеу нысандары арсенопирит, пирит, пирротин, антимонит сияқты кендер болды. Құрамында алтын бар кендердің реактивтілігін арттыру үшін механохимиялық активтендіру әсерін қолдану мүмкіндігі көрсетілген.

АННОТАЦИЯ

В этой дипломной работе приводятся данные по механохимической активации золотосодержащих руд при измельчении в планетарной мельнице М-3 и вибрационной мельнице СВУ-2. Рассчитано изменение энергии активации для различных классов крупности. Исследовано влияние химических добавок на физико-химические процессы на поверхности минералов. Объектами исследования являлись такие руды как арсенопирит, пирит, пирротин, антимонит. Показана возможность использования эффекта механохимической активации для повышения реакционной способности золотосодержащих руд.

ANNOTATION

In the developed diploma project, provides data on the mechanochemical activation of gold-bearing ores during grinding in the planetary mill M-3 and the vibration mill SVU-2. The change in the activation energy for different size classes is calculated. The influence of chemical additives on the physicochemical processes on the surface of minerals is investigated. The objects of the study were are such as arsenopyrite, pyrite, pyrrhotite, antimonite. The possibility of using the effect of mechanochemical activation to increase the reactivity of gold-bearing ores is shown.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	
	Әдеби шолу	
1	Механохимиялық активтендірудің сипаттамасы	8
1.1	Механохимиялық активтендірудің артықшылықтары	9
2	Ұнтақтау процестері	11
2.1	Диірмен түрлері	11
2.2	Механохимиялық активтендіруді құрамында алтын бар кендерді өндеуде қолдану	13
3	Механохимиялық активтендірудің құрамында алтыны бар концентрат құрамындағы сульфидтерді шаймалауға және цианидтеу кезінде алтынды алуға әсері.	24
3.1	Нәтижелер және оларды талқылау	24
4	Механохимиялық активтендіру процессінің кемшіліктері	30
	Қорытынды	31
	Әдебиеттер тізімі	32

КІРІСПЕ

Қарастырылып отырған дипломдық жұмыста құрамында алтыны бар кендерді өңдеу үшін механохимиялық активтендіру әдісін қолданудың әсері мен оны зерттеу негізделген.

Қазіргі уақытта алтынның шөгінді кен орындары бұрынғы рөлін жоғалтты, өйткені олардың басым көпшілігі өңделіп, қазіргі кезде минералдың ішіндегі сульфидтер концентраторлардың ролін атқаратын элементтерді өңдеу маңызды мәселе болып тұр. Минералдың кристалдық құрылымына келсек, алтынды жеткілікті ашылусыз алу қиын, ал флотация құрамында сульфидтер бар кендерге негізделген концентраттар төзімділер санатына жатады. Мұндай өнімдерді өңдеу үшін механохимиялық активтендіруді (МА) қолдану асыл металдар гидрометаллургиясы саласындағы технологиялық схемалардың тиімділігін арттырудың нұсқаларының бірі болуы мүмкін.

Механохимиялық активтендіру механикалық энергияны қолдану арқылы химиялық реакцияларды енгізу процесін білдіреді, мысалы, ұнтақтау, фрезерлеу немесе орын ауыстыру (сдвига). Құрамында алтыны бар кендер жағдайында механохимиялық активтендіру бұл кендерді өңдеуге айтарлықтай әсер етуі мүмкін, бұл алтынды алу коэффициентінің жоғарылауына және өңдеу шығындарының төмендеуіне әкеледі.

Механохимиялық активтендіру құрамында алтын бар кендерді өңдеудің перспективті әдісі болғанымен, оның тиімділігін толық түсіну және процесс параметрлерін оңтайландыру үшін қосымша зерттеулер қажет. Сондай-ақ механикалық энергияны пайдаланумен байланысты қоршаған ортаға ықтимал әсерлер мен қауіпсіздік мәселелерін ескеру маңызды.

Негізінен дипломдық жұмыстың мақсаты механохимиялық активтендіру әдісімен, қолданылатын лабораториялық және өнеркәсіптік аппараттармен танысу және зерттеулер жасап оларға процестің тиімділігі бойынша жалпылама қорытынды беру.

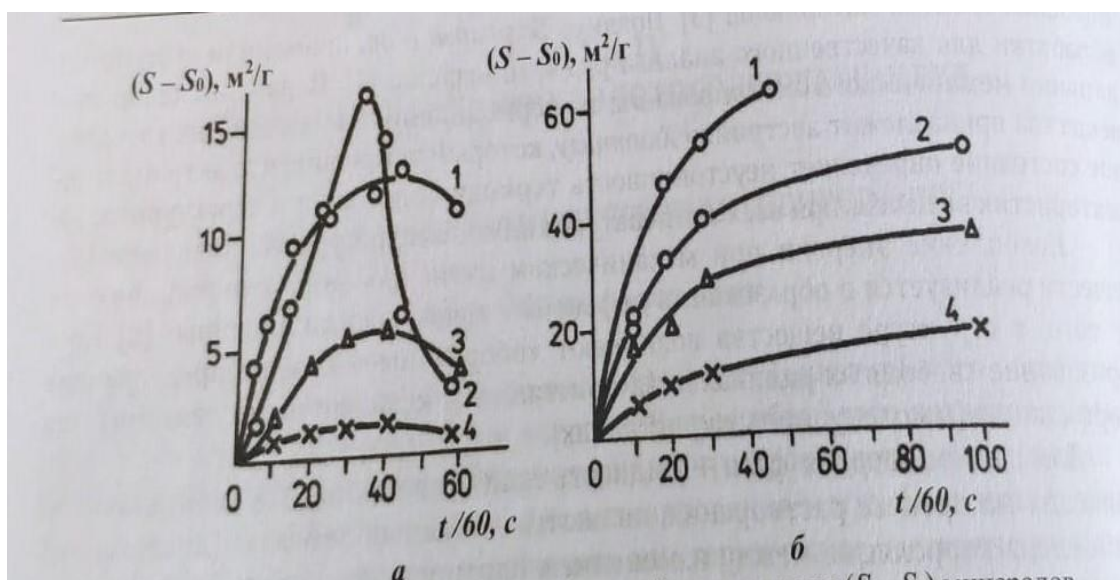
Дипломдық жұмысты жазуға негізгі әдістеме ретінде отандық әдебиеттер және ғаламтор желісінен алынған шетелдік ғалымдардың мақалаларынан жиналған мәліметтер алынған.

1 Механохимиялық активтендірудің сипаттамасы

Қатты заттардың активтенуі энергияның әртүрлі түрлерін пайдалана отырып оны өңдеудің нәтижесі болып табылады. Активтендірудің басты мақсаты материалдың химиялық және физикалық қасиеттерінің өзгеруіне әсерін тигізетін потенциалдық энергия қорын арттыру болып табылады. Активтендіру үшін қатты затқа әсер ететін энергетикалық әрекет түрлері мыналар: термиялық, механикалық, химиялық, микротолқынды, радиациялық, ультрадыбыстық, соно-және фотохимиялық. Қазіргі кезде механохимиялық активтендіру заманауи өнеркәсіптік технологияларда өте маңызды роль атқарады.

Алтынның шөгінді кен орындары бұрынғы рөлін жоғалтты, өйткені олардың басым көпшілігі өңделіп, қазіргі кезде минералдың ішінде сульфидтер концентраторлардың ролін атқаратын элементтерді өңдеу маңызды мәселе болып тұр. Минералдың кристалдық құрылымына келсек, Алтынды жеткілікті ашылусыз алу қиын, ал флотация құрамында сульфидтер бар кендерге негізделген концентраттар төзімділер санатына жатады. Мұндай өнімдерді өңдеу үшін механохимиялық активтендіруді (МА) қолдану асыл металдар гидрометаллургиясы саласындағы технологиялық схемалардың тиімділігін арттырудың нұсқаларының бірі болуы мүмкін.

Механохимиялық активтендіру туралы деректер ең бірінші рет 1936 ж. пайда болған. Ұсақталған бөлшектердің мөлшері белгілі бір критикалық мәнге дейін ұлғайған кезде құрылым ақауларының төмендеуі немесе жоғалуы байқалады, бұл өзгерістер жанасу бетін азайтады және материалдың механикалық беріктігін арттырады. Бұл әсер төмендегі суретте анық көрсетілген:



1 сурет – Минералдардың меншікті бетінің өзгеруінің $(S - S_0)$ уақытқа және (T) механикалық белсендіруге тәуелділігі [1]

Кейінірек механохимиялық активтендірудің 3 сатылы екені анықталған болатын.

- Бірінші кезеңде ұсақталған материалдың бөлшектері арасындағы өзара әрекеттесу көп болмайды, сондықтан жүйеге жеткізілетін энергия жаңадан пайда болған беттің шамасына шамамен пропорционалды болады;

- Екінші кезеңде бұл пропорционалдылық бөлшектердің өзара әрекеттесуіне байланысты, олардың агрегациясында көрінетін энергиясы 0,004-4 кДж/моль тең болатын Ван-дер-Ваальс күшінің әсерінен бұзылады. Бұл агрегаттар жеткілікті болатын әлсіздеу механикалық әсерлердің көмегімен жойылуы мүмкін;

- Үшінші кезеңде материалды ұнтақтау іс жүзінде тоқтайды, ал оның меншікті беті агломераттардың түзілуіне байланысты кішірейеді. Олардың арасында энергиясы 40-400 кДж/моль болатын химиялық түзілістердің пайда болуына байланысты бөлшектердің мөлшері ұлғаяды. Механохимиялық реакциялардың ағымы мен ұнтақталып отырған өнімнің кристалдық құрамындағы өзгерістердің барлығы осы кезеңде анықталады

Қатты-сұйық жүйелердегі өзара әрекеттесулерге қатысты механохимиялық әсерлер түзілімдердің пайда болу кезіндегі температураны төмендету және жылдамдығын арттырып, суда еритін қосылыстардың пайда болуын реттейді.

Механикалық активтендіру кезінде минералдың кристалдық құрамында болатын өзгерістерді активтендіруге дейінгі және кейінгі спектрлік сызықтар қарқындылығының қатынасына тең J-фактор секілді көрсеткішпен анықтаймыз. Бұл көрсеткіш активтендірілген минерал құрамындағы қатты фазалық реакциялардан, торлы дефекттерден, кернеу концентраторларының түзілуінен, пластикалық деформациядан және аморфизациядан туындаған өзгерістерді көрсетеді. J-фактордың мәні неғұрлым аз болса, соғұрлым механохимиялық қарқындылық жоғары, ал активтену энергиясы төмен болады.

1.1 Механохимиялық активтендірудің артықшылықтары

Механохимиялық активтендірудің басты артықшылықтарының бірі- бұл құрамында алтын бар кендердің минералды құрылымын бұзуға көмектеседі және оны кейінгі шаймалау немесе экстракция процестеріне қолайлы етеді. Бұған кенді бөлшектердің кристалдық торында ақаулар мен дислокациялар жасау арқылы қол жеткізіледі, бұл реакция үшін қол жетімді беттік ауданын ұлғайта алады және сілтілендіргіштер үшін алтынның қолжетімділігін жақсартады.

Механохимиялық активтендірудің тағы бір артықшылығы - ол кен бөлшектерінде реактивті беттердің пайда болуына ықпал етуі мүмкін, бұл химиялық экстракция кезінде алтынның еру жылдамдығын тездетеді. Себебі жұмсалған механикалық энергия кен бөлшектерінің бетінде ақаулар мен жарықтар тудырып, олардың бетінің ауданын ұлғайтып, химиялық заттарға реактивті етеді.

Осы артықшылықтардан басқа, механохимиялық активтендіру қайта өңдеу шығындарының айтарлықтай төмендеуіне әкеледі. Себебі активтендіру

процесіне қажетті механикалық энергия шығындары көбінесе күйдіру немесе қысыммен тотығу сияқты дәстүрлі өңдеу әдістеріне қарағанда әлдеқайда арзан. Сонымен қатар, механохимиялық активтендіру нәтижесінде алтын өндірудің жоғарылауы жалпы өңдеу шығындарының төмендеуіне әкеледі, өйткені алтынның бірдей мөлшерін алу үшін кенді аз өңдеу қажет.

Кейбір жағдайларда механохимиялық активтендіру пирит, арсенопирит, стибнит, халькопирит, галенит, сфалерит сияқты сульфидті минералдарда капсулаланған алтын мен күмісті ашу үшін сәтті пайдаланады.

Тұтастай алғанда, құрамында алтын бар кендерді өңдеуге механохимиялық белсендірудің әсері зерттеулер мен әзірлемелердің перспективалы бағыты болып табылады. Минералды құрылымдарды бұзуға жұмсалған және реактивті беттердің пайда болуына ықпал ететін механикалық энергияны пайдалана отырып, механикалық-химиялық активтендіру алтынды алу дәрежесін айтарлықтай арттырып, өңдеу шығындарын, әсіресе отқа төзімді кендер үшін төмендетуі мүмкін.

2 Ұнтақтау процесі

Механохимиялық активтендіру құрамында алтын бар кендерді өңдеудің тиімді әдісі болып табылады. Құрамында алтыны бар кендерді механохимиялық активтендіру кезінде ұнтақтау әдісі кенді механикалық активтендіру және алтынды алуды жеңілдету үшін шар диірменін немесе басқа ұнтақтау құрылғысын пайдалануды қамтиды.

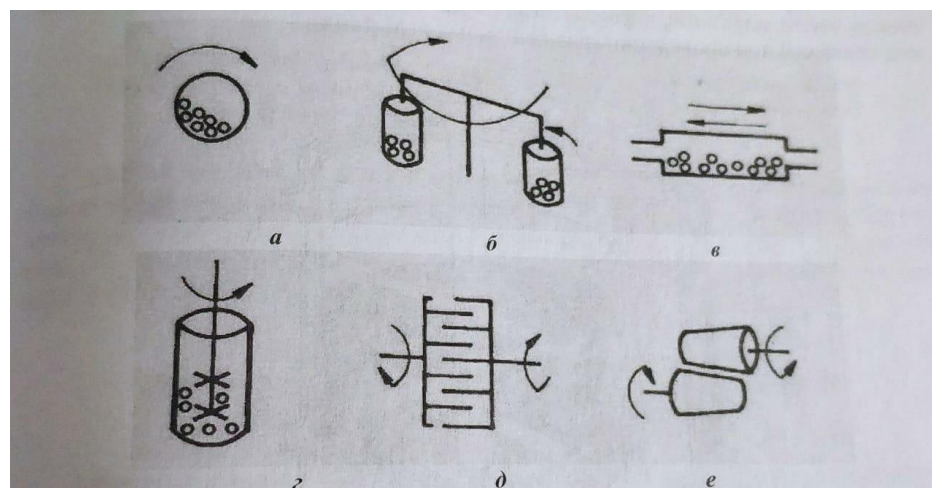
Бұл әдіспен құрамында алтын бар кендер ұнтақталып, диірмен барабанында шарлар немесе стерженьдер сияқты ұнтақтайтын денелермен араласады. Ұнтақтау барабаны жоғары жылдамдықпен айналады, нәтижесінде ұсақтайтын денелер кен бөлшектерімен соқтығысып, механикалық энергия жасайды. Бұл энергия кен бөлшектерін ыдыратады, алтын бөлшектерін ашып, оларды алуға қол жетімді етеді.

Ұнтақтау процесінде жүйеге оттегі сияқты химиялық заттар да енгізілуі мүмкін, бұл тотығу реакцияларына ықпал етеді және алтынның кеннен еруін жеңілдетеді. Механохимиялық активтендіру әдісі Алтынды алудың дәстүрлі әдістеріне қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие, соның ішінде өңдеу уақытын қысқарту, энергияны тұтынуды азайту және улы химикаттарды пайдалануды азайту. Ол әдеттегі әдістермен алу қиын отқа төзімді алтын кендерін өңдеуде тиімді екендігі дәлелденді.

Тұтастай алғанда, құрамында алтын бар кендерді механохимиялық белсендіру кезінде ұнтақтау әдісі кендерден алтынды тиімді және экологиялық таза алу үшін перспективті тәсіл болып табылады.

2.1 Диірмен түрлері

Механохимиялық әсерлерді жүзеге асырудың негізі - бұл оңтайлы ұнтақтау құрылғысын дұрыс таңдау. Өте майда ұнтақтау үшін қолданылатын диірмендердің схемалық түрлері төмендегі суретте көрсетілген:



а - шарлы; б - планетарлық; в - дірілді; г - шарлы ұнтақтағыш (аттритті); д - ортадан тепкіш; е – валокты

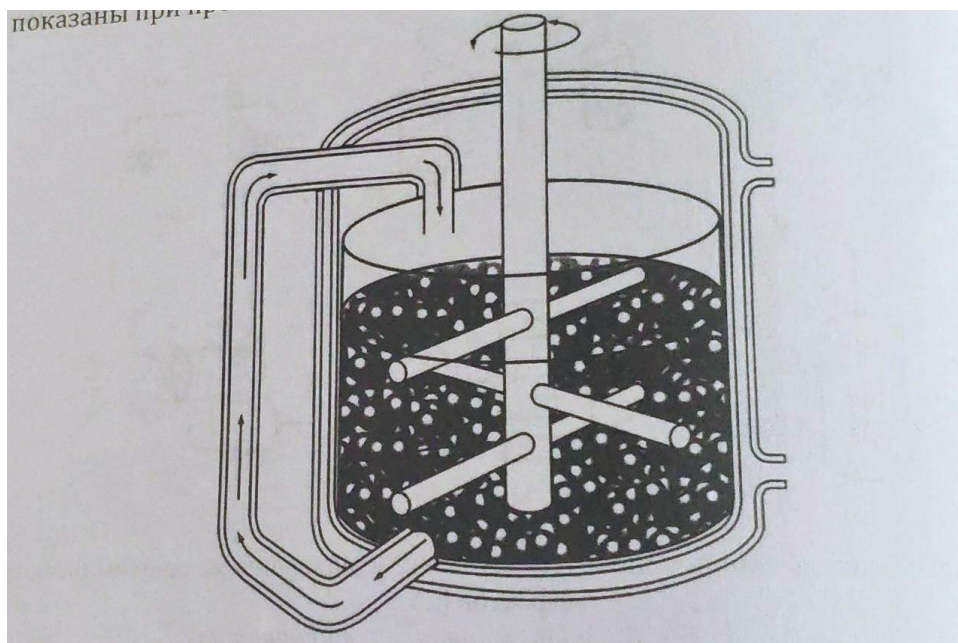
2 сурет - Механикалық эффекттер жасау үшін қолданылатын диірмендердің түрлері [1]

Өте майда ұнтақтау кезінде энергия шығыны кВт/т құрайды: шарлы диірмен үшін 35-50, дірілді үшін 250-4 000, ал аттриторлы диірмен үшін 900-14000 және планетарлы үшін 9 000-36 000. Бұл энергияның 5-тен 15%-на дейін жер үсті және құрылымдық дефектар арасында бөліне отырып, ұнтақталған материалмен игеріледі.

Практикалық тұрғыда қарағанда, аттритті диірмендер ең тиімді болып көрінеді, себебі берілген мөлшердегі бөлшектерді алу үшін қажетті энергияны аз пайдаланады. Бұл диірмендерді құрамында алтыны бар кендерді өндеуде қолдануға қолайлы диірмен деп санасақ болады. Диірмендер 300-1 000 кВт/м³-ге тең энергия тығыздығымен сипатталады, араластырғыштың айналу жылдамдығы 25 м/с-қа дейін жетеді. Оларды керегінше материалды алдын-ала ұнтақтауда, сонымен қатар майда және өте майда ұнтақтау кезінде қолданады.

Бұл типтегі аппарат алғаш рет 1922 жылы резеңке (каучук) вулканизациясы процесінде ұсынылған.

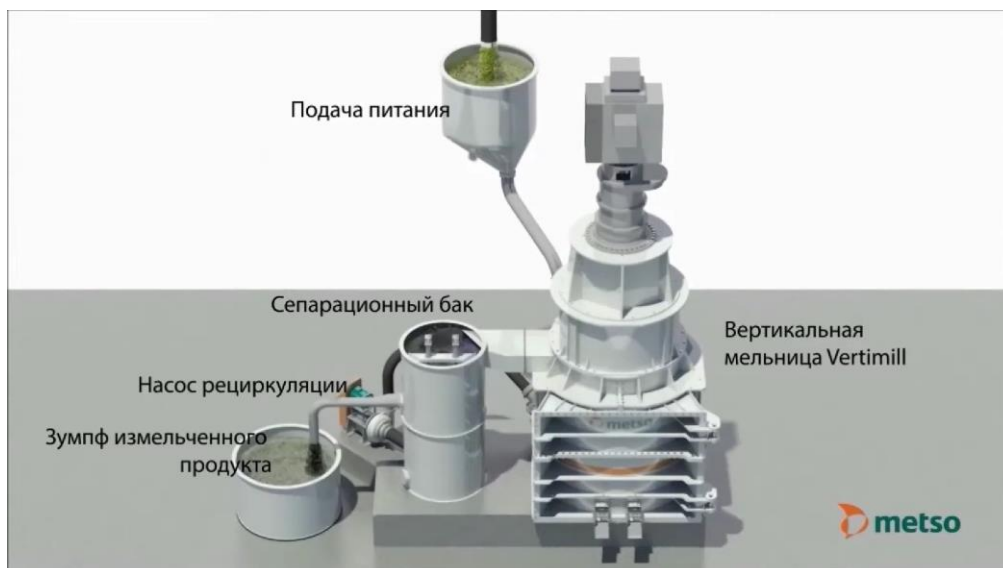
Диірменнің бұл түрі цилиндрлік корпуста және әртүрлі пішінде болуы мүмкін көптеген импеллерлері бар айналмалы біліктен тұрады. Импеллерлер энергияны шар жүктемесіне жібереді, ұсақталған материалға әсер ету шарлардың бір-бірімен, корпус қабырғаларымен, импеллерлермен және білікпен соқтығысуы арқылы жүзеге асырылады. Шарлардың материалы үшін шыны, құм, карбидтер, болат, цирконий жәек т.б. қолданылады. Төменде аттриторлы диірменнің сызбасы көрсетілген:



3 сурет - Атритті диірменнің схемалық көрінісі [1]

2.2 Механохимиялық активтендіруді құрамында алтын бар кендерді өңдеуде қолдану

Өнеркәсіптік масштабта құрамында алтыны бар шикізатты өңдеуге арналған алғашқы диірмен 1953 жылы пайдаланылған, қазіргі кезде олардың саны 400-ден асады. Атритті диірмендердің келесі түрлері қолданылады: тік түрі (Vertimill, Sala, Metprotech) төмен жылдамдықты (айналу жылдамдығы 3 м/с дейін болатын) және көлденең (IsaMill) – жоғары жылдамдықты диірмендері. Шетелдік алтын өндіру өнеркәсібінде көлемі жағынан ең үлкен 1,5м³ болатын Vertimill диірмендерінің барлық төрт түрі қолданылады (австарлиялық Нью Селибрейшн зауыты, Грэнни Смит, Пегасус Гоулд және Ньюкрест Кэдиа), ең үлкен көлемі 10 м³ болатын Оңтүстік Африкадағы жеті Metprotech диірмендері (ең үлкені Нью Консорт Гоулд Майн) және үш IsaMill диірмендері (екеуі Австралия, Фимистондағы KGCM зауытында және біреуі Кумторедде (Қырғыстан)).



4 сурет - Майда сулы ұнтақтауға арналған Vertimill тік орналасқан атритті диірмені [7]

Жоғары қысымды құрайтын валдармен жабдықталған ұсақ ұнтақтау машинасын 1979 жылы Шонерт ашқан болатын. Орамдардың максималды диаметрі 2,8м-ге жетеді, ал кен (концентрат) өнімділігі – 2500 т/сағ құрайды. Сухой Лог кен орнының құрамында алтын бар кенді өңдеу үшін бірінші жоғары қысымды валкалы диірмен 2003 жылы Иркутск облысындағы Запад кен орнындағы байыту фабрикасында енгізілді.



5 сурет - Isamill көлденең орналасқан майда ұнтақтауға арналған атритті диірмені [7]

Кейбір жағдайларда механохимиялық активтендіру пирит, арсенопирит, стибнит, халькопирит, галенит, сфалерит сияқты сульфидті минералдарда капсулаланған алтын мен күмісті ашу үшін сәтті пайдаланады. Атап айтқанда, цианидтеу кезінде тетраэдриттің болуы ($Cu_{12}Sb_4S_{13}$) 5-10% Ag-нан артық ерітуге мүмкіндік бермейді. Сульфидті минералдарда капсулаланған алтынға қатысты атритторлық диірмендегі өте майда ұнтақтау 1-20 мкм бөлшектер үшін

қолданылады. Алтын мен күмісті активтендіру мен шаймалау операцияларын біріктіру одан да тиімді болып келеді.

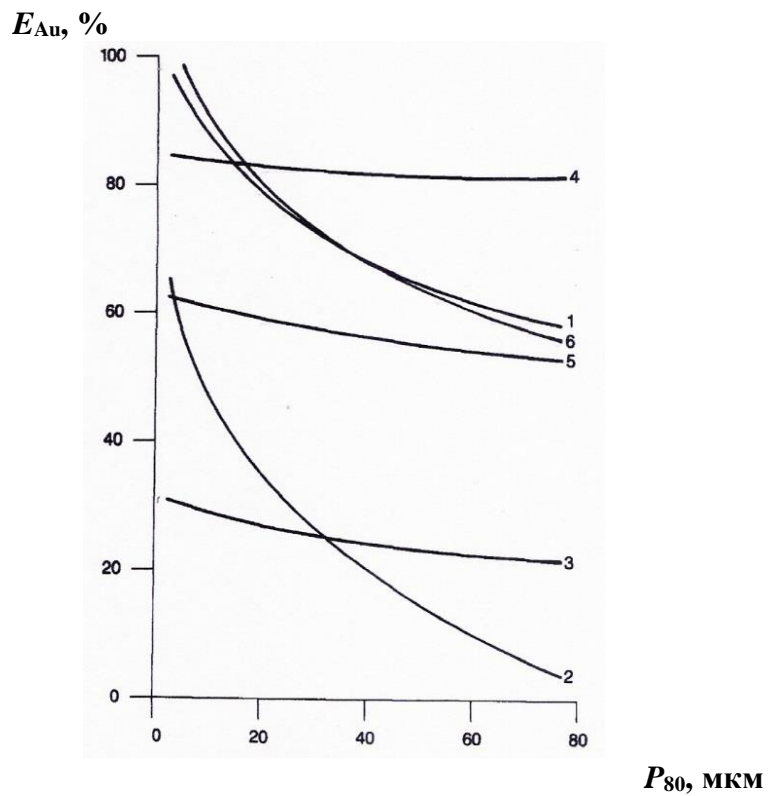
Ал тетраэдриттің механикалық активтенуі, кейіннен тиокарбамидті күмісті шаймалау зерттеулерінің нәтижесінде минерал құрылымының ең үлкен ретсіздігін анықтаған планетарлық диірменде активтендіру, ең жақсы нәтижелер берген болатын.

Жалпы алғанда өте майда ұнтақтау әдетте алтын бөлшектерінің бастапқы өлшемдері 1-20 мкм аралығында болған кезде пиритті алтыны бар кендерді және тотығу күйдіру оғарларын өңдеу үшін қолданылады. Activox процессіне сәйкес, құрамында алтыны бар сульфидті концентраторлар атрит диірменінде 50-120 кВт*сағ/т электр қуатын тұтыну кезінде $d_{80} \sim 5$ мкм көлеміне дейін ұнтақталады. Активтенген материал ары қарай автоклавты нұсқада 100°C-тан төмен температурада және оттегінің қысымы 900 кПа-дан аспайтындай тотықтырылады. Процесс элементтік күкірт мөлшерінің пайда болуымен бірге жүреді, бұл оның көрсеткіштеріне әсер етпейді – зертханалық жағдайда пиритті-арсенопирит концентраты 98-99% бөлініп алынады.

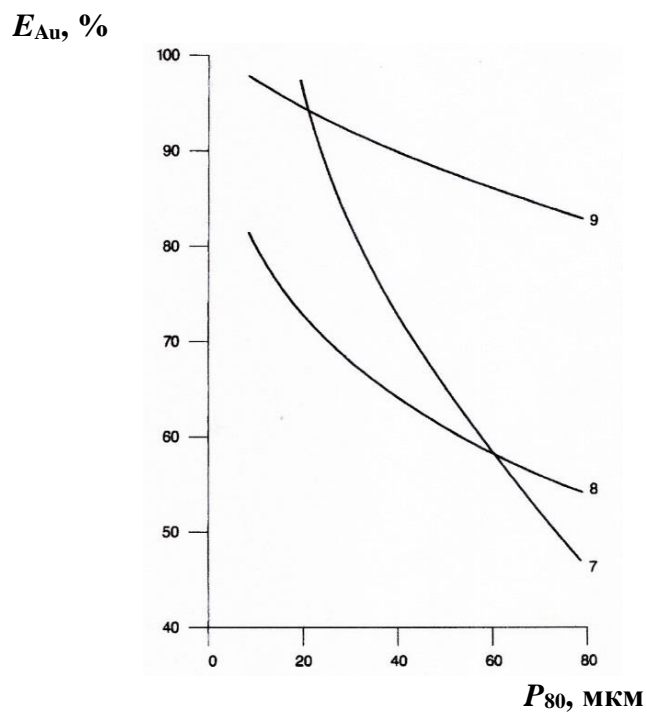
2001 жылдан бері диірменіндегі өте майда ұнтақтау Калгурли ауданының зауыттарында құрамында алтыны бар тұрақты флотоконцентраттарды күйдіруге қосымша ретінде қолданылады. Диірмендердің концентрат бойынша өнімділігі 20 т/сағ-тан асады, соңғы өнім 11-12 мкм құрайды, бұл кейінгі цианидтеу кезінде шамамен 90% алтын алуға мүмкіндік береді.

Өнімділігі тәулілігіне 100 т пирит концентраты бар зауыт үшін өте майда ұнтақтау учаскесін ұйымдастыруға шамамен күрделі шығындары (тік типтегі 3 атриторлық диірмен үшін) мен эксплуатациялық шығындары 30 дол./т деп есептесек – шамамен 2,6 млн. АҚШ долларын құрайды.

Бірақ кейде арсенопирит пен пирит сияқты минералдарда наноөлшемді алтынның болуы кен бөлшектерін 2-3 мкм мөлшеріне дейін өте майда ұнтақтаған кезде де кейінгі цианидтеу үшін қажетті ашылуға мүмкіндік бермейді. Алты австралиялық арсенопирит концентратын өте майда ұнтақтау нәтижелерін сипаттайтын кейбір деректер төмендегі суретте көрсетілген, сыналған үлгілер әртүрлі қаттылық дәрежесін көрсеткенін көруге болады – кейінгі цианидтеу кезінде алтын алу кейбір жағдайларда 30-60% аралығында болады. Пириттің құрамындағы алтын әдетте үлкенірек, сондықтан өте жұқа ұнтақтауды қолдану оң әсер етеді. Бұл деректер Калгурли ауданының зауыттарына гравитациялық цианидтеу қалдықтарынан пиритті алуды, концентратты 20 мкм-ге дейін ұнтақтауды және оны цианидтеу циклінен қайтаруды қамтитын процесті ұсынуға негізделген.



6 сурет - Цианизация кезінде алтын алу тәуелділігі (E_{Au}) арсенопирит концентраттары (1-6) ірі классының құрамынан - 80 мкм (P_{80}) [1]



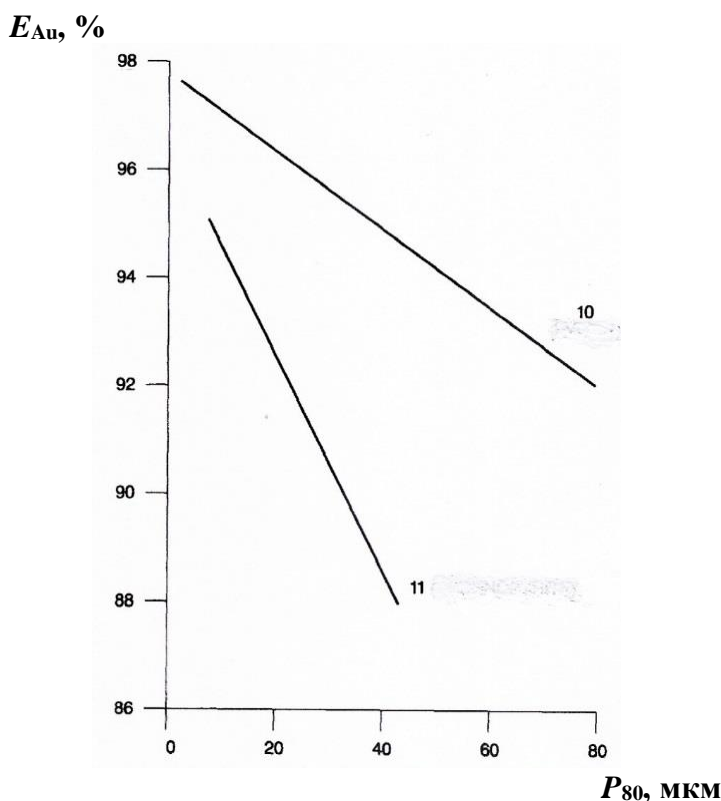
7 сурет - Цианизация кезінде алтын алу тәуелділігі (E_{Au}) пирит концентраттары (7-9) үлкендік классының құрамынан - 80 мкм (P_{80}) [1]

Зерттеудің тағы бір нысаны тотығу күйдірілген күйдіргіштерді цианидті шаймалау кектері болды, мұнда алтын гематит матрицасында капсулаланған және материалды -10 мкм ұнтақтау кезінде белсендіру арқылы ғана ашылуы мүмкін (8 сурет)

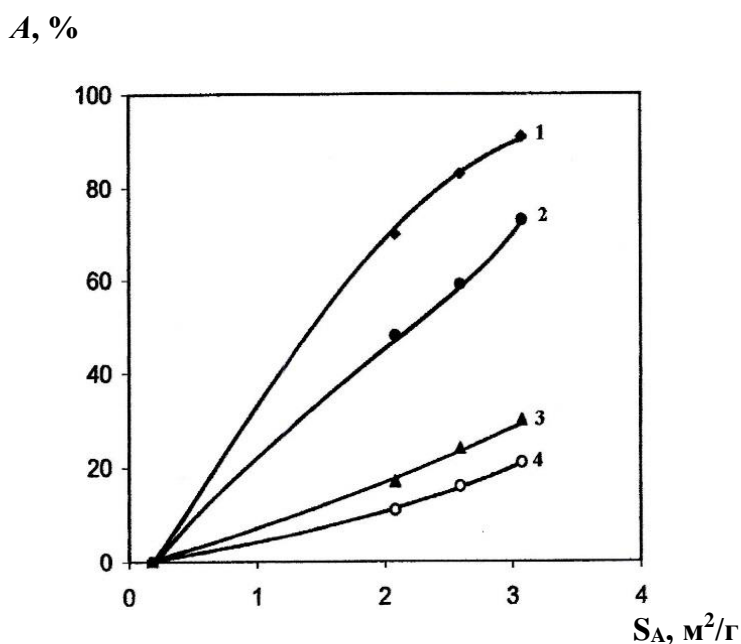
Activox субмикрондық өлшемдегі алтынды ашуға жарамды екендігі көрсетілген - бұл metprotech аттрит диірменін қолдану процесі (содан кейін автоклавты өңдеу); активтендіру процесінде тұзды суды қолдануға болады, бұл құрғақ аудандар үшін маңызды болып табылады.

Жаңа бағыттардың бірі - 10 нм-ден аз металдардың, оксидтердің және т.б. бөлшектерді алуға мүмкіндік беретін нано ұсақтау. Сыналған жабдықтардың ішінде ең жоғары тиімділікті үйкеліс диірмендері (истирающие мельницы) де көрсеткен болатын.

Механикалық активтендіру кезінде күрделі сульфидті концентраттардың құрамындағы минералдың аморфизация дәрежесі оның химиялық құрамына байланысты. Сонымен, құрамында алтыны бар кендерге тән сульфидті минералдар құрылымының аморфизация дәрежесінің айырмашылығы 70% жетуі мүмкін екені анықталды (9 сурет). Бұл үлгіні қарастырудан пирит белсендірілген кезде түрлендірулерге ең аз ұшырайтынын көруге болады - бұл Галена мен сфалеритте кездесетін алтынның селективті еру мүмкіндігін анықтайды.

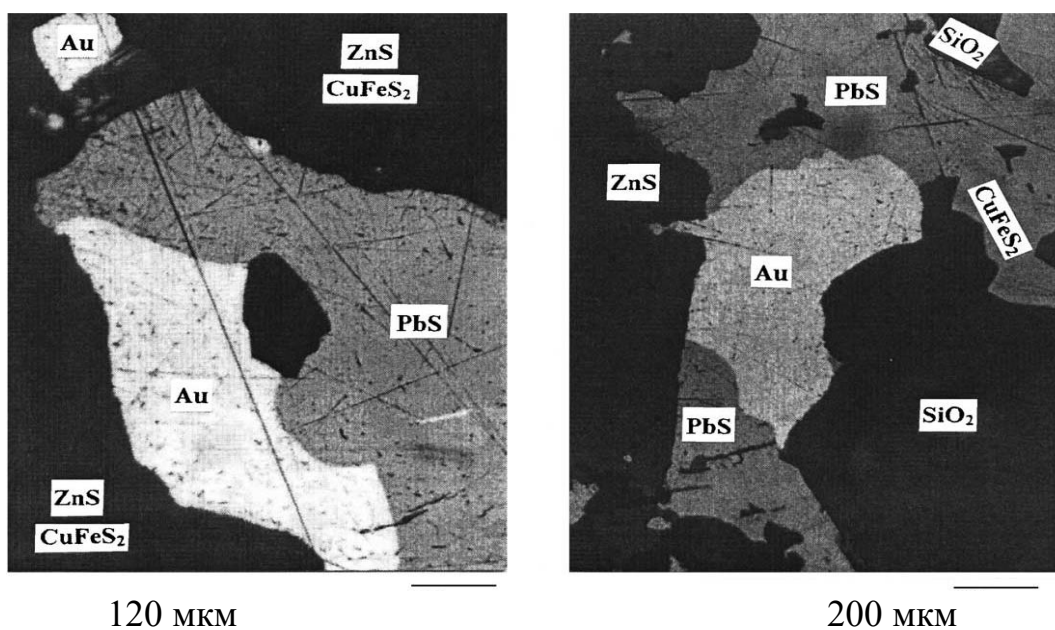


8 сурет - Пиритті (10) және арсенопиритті (11) тотығу күйдіру оғар цианизациясындағы алтынды алу (E_{Au}) тәуелділігі, үлкендік класының құрамындағы концентраттар -80 мкм (P_{80}) [1]



9 сурет - Аморфизация дәрежесі (A) минералдардың меншікті бетінің шамасына байланысты: 1-ZnS; 2-PbS; 3-CuFeS₂; 4-FeS₂ [1]

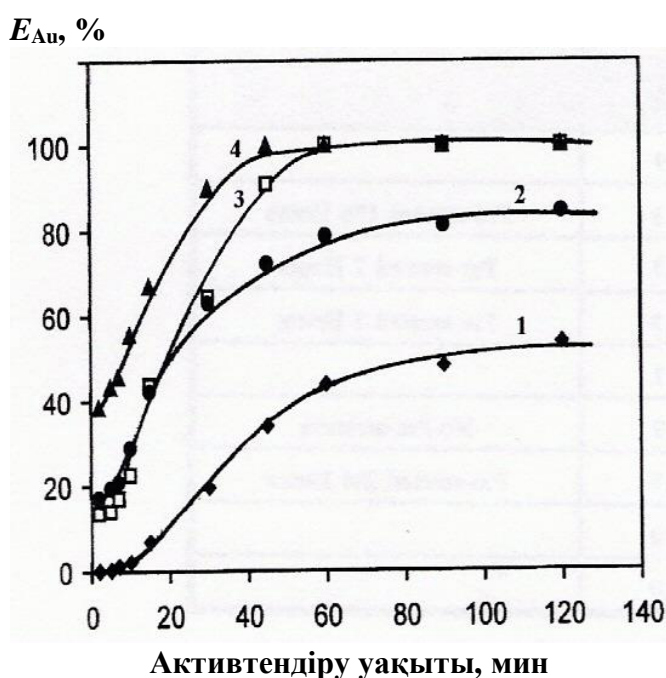
Ал келесі көрсетілген жұмыста мыс-қорғасын-мырыш сульфид концентратының механохимиялық активтенуінің алтынның кейінгі тиосульфатты сілтіленуіне әсері зерттелді. Словакия, Банска Ходруш кен орнын өңдеу кезінде алынған концентраттың химиялық құрамы болды, %: 0,9 Cu, 4,1 Pb, 3,6 Zn, 20,1 Fe, 44,2 S және 5,5 SiO₂, құрамында 353 г/т алтын бар. минералогиялық талдау (10 сурет) концентратта халькопирит, Галена, сфалерит, тетраэдрит, пирит және кварцтың болуын көрсетті.



10 сурет - Құрамындағы сульфидті минералдармен алтынның байланысы Cu-Pb-Zn концентраты [1]

Концентратты өңдеу аттрикторлық Молинекс диірменінде (Германия) жүргізілді, кейіннен Алтынды шаймалау нәтижелері суретте көрсетілген. Механикалық белсендіруді қолдану алтынды өндіруді 55% - ға арттыруға мүмкіндік бергенін көруге болады.

Зауыттық тәжірибеден алынған мәліметтерден пириттің сулы ұнтақталуы темір сульфатының түзілуіне байланысты Темірдің ерітіндіге ауысуын анықтайтыны белгілі. Осылайша, стандартты процесс жағдайында да ең пассивті темір сульфидінің механикалық активтенуі жүреді. Демек, аз тұрақты сульфидтер белсендірілген кезде едәуір дәрежеде еруі мүмкін деп болжауға болады, бұл олардың бөлінуіне және технологиялық схеманың алғашқы кезеңдерінде алтынның концентрациясының жоғарылауына жағдай жасайды.



11 сурет - Энергетикалық әсер ету шамасына байланысты Cu-Pb-Zn концентратын механикалық белсендіргеннен кейін тиосульфатты шаймалау (E_{Au}) арқылы алтынды алу (кВт-сағ / т): 1 – 0, 2 – 200, 3 – 335, 4 – 400. [1]

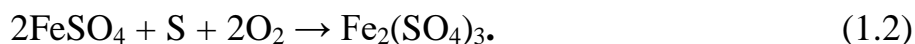
Шаймалау ерітіндісінің құрамы: $0,5 \text{ M } (NH_4)_2S_2O_3 + 10 \text{ г/дм}^3 \text{ CuSO}_4$;

Шаймалау уақыты - 120 мин; pH = 6-7; температура - 70 °C

Тотығудың бастапқы кезеңі пирит темір (II) сульфатының элемент күкіртінің түрленуі болып табылады:

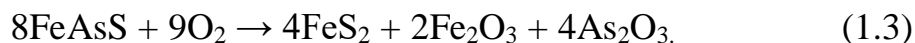


Кейінгі тотығу темір (III) сульфатының түзілуін анықтайды:

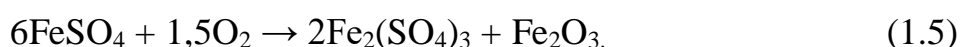


Реакция аяқталғаннан кейін (20.2) қалған күкірт (алдын ала жыныстық өзгеретін) SO_2 дейін тотығады.

Арсенопириттің тотығуының бастапқы кезеңі As_2O_3 және екі қосылыс безі-сулейд пен оксидтің түзілуімен сипатталады:



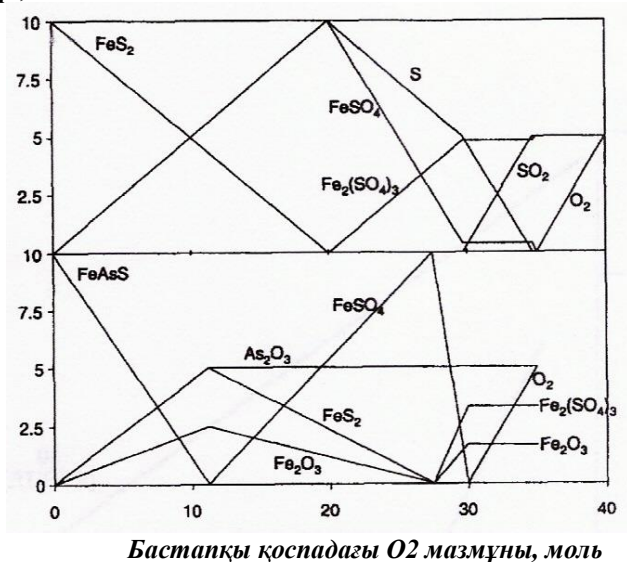
Мышьяк концентрациясы аяқталғаннан кейін FeS_2 , Fe_2O_3 және O_2 үшін антиоксидант ретінде әрекет етеді, нәтижесінде темір (II) және (III) тұздары түзіледі.



Осы реакцияларды қарастырудан арсенопириттің тотығуы кезінде, пириттен айырмашылығы, SO_2 бөлінбейтіні көрінеді. Бұл айырмашылық құрғақ ұнтақтау диірмендерінде 200°C жететін жоғары температурада да сақталады.

12 суретте - пирит пен арсенопириттің тотығуы нәтижесінде 25°C кезінде түзілетін қосылыстардың тұрақтылық аймақтарын сипаттайтын деректер келтірілген.

Реакция өнімдері, моль

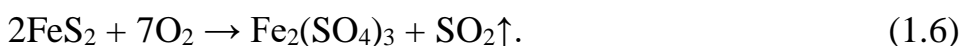


12 сурет - 25°C кезінде пирит пен арсенопириттің тотығу өнімдерінің термодинамикалық тепе теңдігі [1]

Бұл жұмыста пириттің, арсенопириттің және құрамында осы минералдар бар концентраттың шар диірменінде ұзақ уақыт ұсақтау кезінде (бөлме температурасында 100 сағат) тотығуы зерттелді. 8 сағат араластыру кезінде 3%

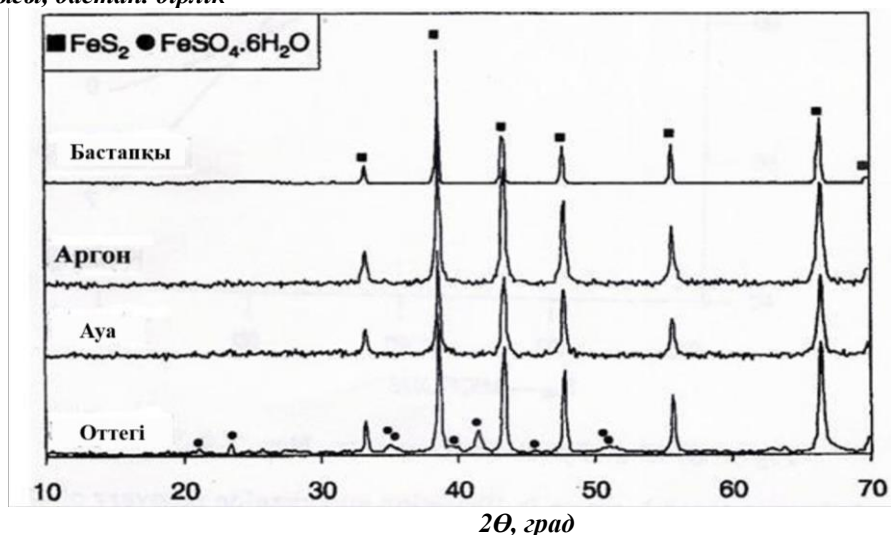
HCl ерітіндісімен кейінгі өңдеу тотығу шамасының көрсеткіші болды. Өңдеу өнімдерін талдау рентгендік дифракция (XRD) әдісімен жүргізілді. Пириттің бастапқы үлгісінде қоспалар болған жоқ, ал арсенопирит үлгісінде кварцтың шамалы мөлшері болды. Зауыттық концентрат құрамында, %: FeAsS – 63, FeS₂ – 21, NiAsS -7, силикаттар – 9, сондай-ақ 128 г/т Au бар екенін көрсетті.

13 суретті - қарастыратын болсақ, әр түрлі газ атмосферасында пириттің ұзақ уақыт ұнтақталуының нәтижелерін сипаттайтын, әлсіз анықталған тотығу реакциясы тек оттегі атмосферасында көрінетінін көруге болады. Бұл факт 13 суретте келтірілген мәліметтерге сәйкес келеді және пириттің оттегімен толық тотығуы темір (III) сульфаты мен күкірт диоксидінің түзілуімен қатар жүретінін көрсетеді:



Мониторинг пиритті ұнтақтау кезінде диірмен ішіндегі қысымның біртіндеп өсуін көрсетті, бұл тұжырымды растайды.

Қарқындылығы, бастап. бірлік



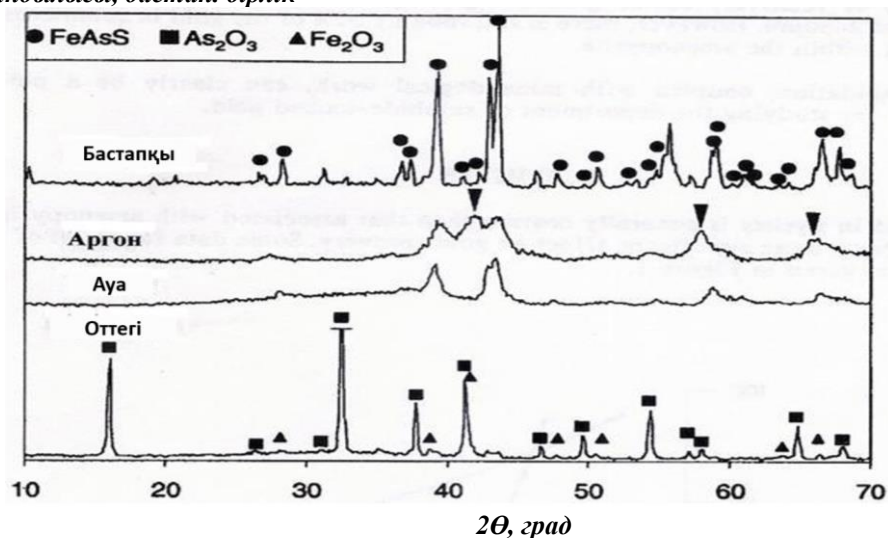
13 сурет - Әр түрлі газ атмосферасында 100 сағат ішінде бастапқы және механикалық белсендірілген FeS₂ XRD сипаттамалары [1]

14 суретте - әр түрлі газдардың атмосферасында ұсақталған кезде арсенопирит құрылымында болатын өзгерістер көрсетілген. Аргон атмосферасында көрінетін дифрактограммадағы екі негізгі шың (пик) айтарлықтай кеңейіп, ұзақ механикалық әсерден кейін минералдың кристалдық құрылымында болатын өзгерістерді көрсетеді. Қалған үш XRD шыңы (пик) арсенопириттің ыдырауын сипаттайды.

Ауа атмосферасында ұнтақталғаннан кейін арсенопиритті сипаттайтын шың (пик) қалады, бірақ бастапқы күймен салыстырғанда ол кеңірек және әлсіз

көрінеді. Негізгі өзгерістер оттегі атмосферасында ұнтақталған кезде, жалғыз тотығу өнімдері As_2O_3 және Fe_2O_3 болған кезде тіркеледі.

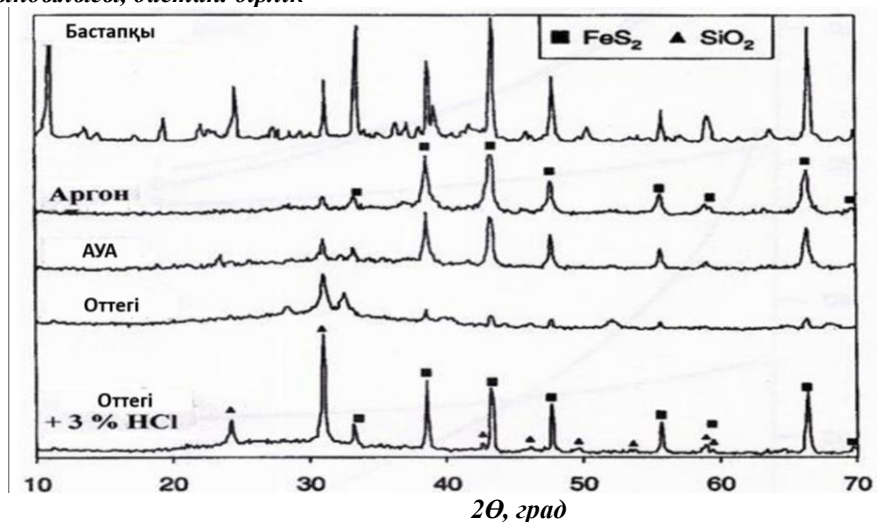
Қарқындылығы, бастап. бірлік



14 сурет - Әртүрлі газ атмосферасында 100 сағат ішінде бастапқы және механикалық белсендірілген FeAsS XRD сипаттамалары [1]

Осылайша, сыналған минералдардың химиялық активтенуінің айырмашылығы оттегі атмосферасында құрамында алтын бар арсенопиритті селективті тотықтыруға мүмкіндік беретіні көрсетілген. 15 суретте - зауыттық пирит-арсенопирит концентратын ұнтақтау кезінде алынған деректер келтірілген, онда өңдеу нәтижесінде оттегі атмосферасында пирит, кварц және мышьяк (III) оксидін сипаттайтын XRD шындары тіркелгенін көруге болады. Арсенопириттің толық ыдырауы стандартты режимде цианизациялауға болатын қалдық алтын құрамын (FeS_2) төрт есе арттыруға мүмкіндік берді. Аздап қышқыл ерітіндіде жуу As_2O_3 ерітуге мүмкіндік береді, содан кейін мышьяқты (III) мышьяққа (V) дейін тотықтырады, оны темірмен тұндырып, арсенат түрінде тұнба алуға болады. Диірмендердің басқа түрлерін (планетарлық, абразивті және т. б.) пайдалану кезінде ұқсас нәтижелерге жету үшін қажетті уақытты 300-1000 есе қысқартуы мүмкін екендігі атап өтілді.

Қарқындылығы, бастап. бірлік



15 сурет - әртүрлі газ атмосферасында 100 сағат ішінде бастапқы және механикалық белсендірілген концентраттың (FeAsS + FeS₂) XRD сипаттамалары [1]

Алтын гидрometаллургиясында қолданылатын био тотығу процесінің басты кемшілігі-сульфидті минералдардың кристалдық торының жоғары энергия мәндерімен анықталатын төмен жылдамдық. Сонымен қатар, биототығу/биошаймалау процестерін зерттеу минералдардың бетіндегі бактериялық жасушалардың белсенділігі нүктелік ақаулар, микрожарықтар және шығыңқы ұштар орындарында ең жоғары екенін көрсетті. Сондықтан ақаулардың концентрациясын жоғарылатуға және тотығу кезінде минералды активтендіру энергиясының мөлшерін едәуір төмендетуге мүмкіндік беретін механохимиялық активтендіру (арсенопирит жағдайында 90 %) биототығу процесін күшейтуге мүмкіндік береді.

3 Механохимиялық активтендірудің құрамында алтыны бар концентрат құрамындағы сульфидтерді шаймалауға және цианидтеу кезінде алтынды алуға әсері.

Бұл тарауда М-3 планетарлық диірменінде және СВУ-2 дірілді диірменінде механохимиялық активтендірудің құрамында алтын бар концентраттың құрамындағы сульфидтердің тотығуына және шаймалау мен цианидтеу кезінде алтынды алуға әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген.

1 кесте - МА нәтижесінде сульфидтердің тотығуы

Белсендірілген минерал және формуласы	Жаңа фазалар - МА өнімдері
Пирротин, Fe_xS_{x+1}	$Fe_2SO_4 \cdot 4H_2O$, $4Fe_2(SO_4)_3 \cdot 5Fe_2O_3 \cdot 27H_2O$, S^0 (6,39% 30 с кейін)
Пирит, $FeS_{2(күб)}$	$Fe_2SO_4 \cdot 4H_2O$, $4Fe_2(SO_4)_3 \cdot 5Fe_2O_3 \cdot 27H_2O$, $Fe_2SO_4 \cdot H_2O$, Fe_3O_4 , $d-FeOOH$, $3Fe_2O_3 \cdot 8SO_3 \cdot 2H_2O$, S^0 (2,96%)
Арсенопирит $FeSAs$	S^0 (0,67-ден 4,06%-ға дейін)
Антимонит Sb_2S_3	S^0 (10,25-тен 10,93%-ға дейін 1 сағ кейін), Sb_2O_4 – 15 мин кейін

Бұл зерттеу объектіміз-құрамында алтын бар концентрат М-3 және СВУ-2 дірілді диірменінде құрғақ және су режимдерінде активтендірілді.

Сонымен қатар механохимиялық активтендіру құрамында алтыны бар кендерді өңдеу кеннің бірнеше параметрлеріне әсер етеді, олар:

- Гранулометриялық сипаттамалары;
- Рентгенофазалық сипаттамалары;
- Термиялық сипаттамалары;
- Концентраттың химиялық және бактериялық шаймалауына әсері;
- Сорбциялық цианизация көрсеткіштеріне;

секілді бірнеше көрсеткіштерге өз әсерін тигізеді. Сондықтан бұл процесстің ролі өте маңызды болып келеді.

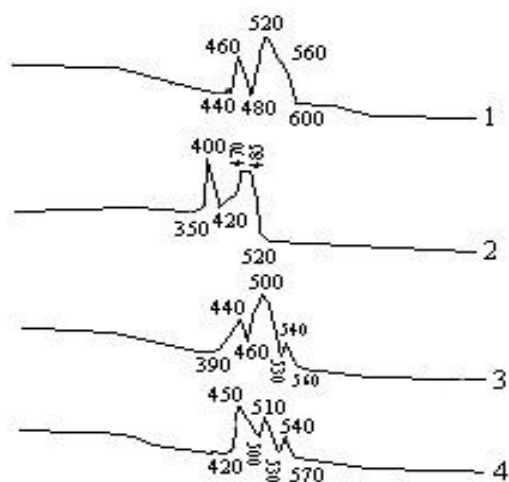
3.1 Нәтижелер және оларды талқылау

Механохимиялық активтендірудің концентраттың гранулометриялық сипаттамаларына әсері. Активтендірілмеген өнімде 10 мкм бөлшектердің пайыздық үлесі 23,5% болса, оны құрғақ режимде М-3-те қысқа мерзімді өңдейтін болсақ (30 с) бұл көрсеткіш 59,2% - ға дейін, ал сулы өнімде 70,6% - ға

дейін, кейде 3 минут ішінде 80% - ға дейін артуына әкеледі. Концентрат гранулометриясына СВУ-2 әсерінің әсері де маңызды, алайда максималды нәтижеге тек механикалық-химиялық активтендірудің құрғақ режимінде жеткізіледі (58%-60,2%, сулы ортадағы 44,3%-50,1% салыстырғанда көп).

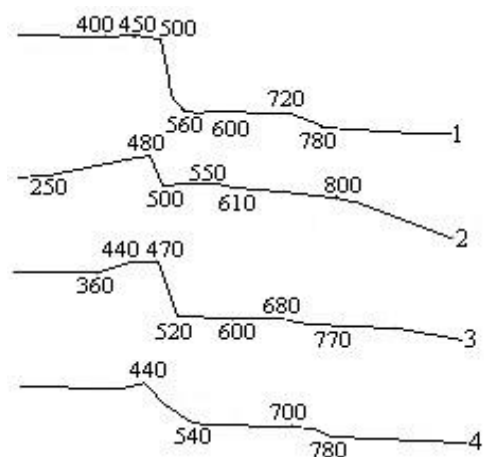
МА концентраттың рентгенофазалық түрленуіне әсері. М-3 диірменінде құрғақ режимде (0,5-3 мин) концентраттың механохимиялық активтенуі оның ашылуына әкеледі, бұл тиісті дифрактограммалардағы көптеген рефлексстердің қарқындылығынан айқын көрінеді. Концентрат құрамындағы сульфидтердің механохимиялық түрленуі S° ($d=0,385$ нм) пайда болуынан да айқын көрінеді. СВУ-2 -дегі МА-ден кейінгі концентраттың рентгендік көрінісі (5-15 мин) оны М-3-те өңдеу нұсқасында алынған үлгіге ұқсас болып келеді.

МА концентраттың термиялық сипаттамаларына әсері. ДТА-ТГ талдау нәтижелері бойынша концентраттың кен бөлігінің негізгі түрленуі 440 - 600°C кезінде жүреді, бұл сульфидтердің тотығуымен байланысты 460 - 520°C ТПМ бар ДТА-қисықтағы (Дифференциально-термический анализ) экзотермалардан айқын көрінеді (16 сурет), бұл 450-ден 560 °C-қа дейінгі қыздырылған үлгінің массасының төмендеуіне сәйкес келеді және ТГ қисығының (Термогравиметрия) тиісті учаскесімен расталады (17 сурет).



1-бастапқы; 2-4 – диірмендерде активтендірілген: 2 - М-3, 3 мин (орталықтан тепкіш фактор 50 г, аспа-100 г, тегістейтін денелердің массасы - 1500 г); 3-4 - СВУ-2, 15 мин (орталықтан тепкіш фактор 10 г, аспа-500 г, тегістеу денелерінің салмағы - 14 кг): 3-құрғақ режимде; 4-су режимінде (су көлемі – 500 мл). Мұнда және одан кейін температура °C

16 сурет - Құрамында Au бар концентраттың ДТА қисықтары



17 сурет - Құрамында ау бар концентрат ТГ қисықтары. Белгілер 1- суреттегідей

Бұл сынаманың сулы ортадағы М-3 те 3 минут ішінде механохимиялық активтенуі оның термиялық негіздеріне де айтарлықтай әсер етеді (17 сурет) бұл оның ДТА және ТГ қисықтарының айырмашылығынан айқын көрінеді.

МА концентраттың бактериялық және химиялық шаймалау көрсеткіштеріне әсері. Активтендірілген концентраттың жоғары реактивтілігі МА-ның Fe^{3+} -тен Fe^{2+} дейін тотықсыздануына байланысты тотығу-тотықсыздану потенциалының (ОВП) өзгеру жылдамдығына әсерін бағалаудан айқын көрінеді. Тәжірибелер целлюлоза тығыздығы 1:5, 41 °С температура, Fe^{3+} бастапқы концентрациясы - 24,3 г/л, Fe^{2+} - 0, рН - 1,7 – 1,8 кезінде магниттік араластырғышта араластыра отырып, термостатталған ұяшықта жүргізілді.

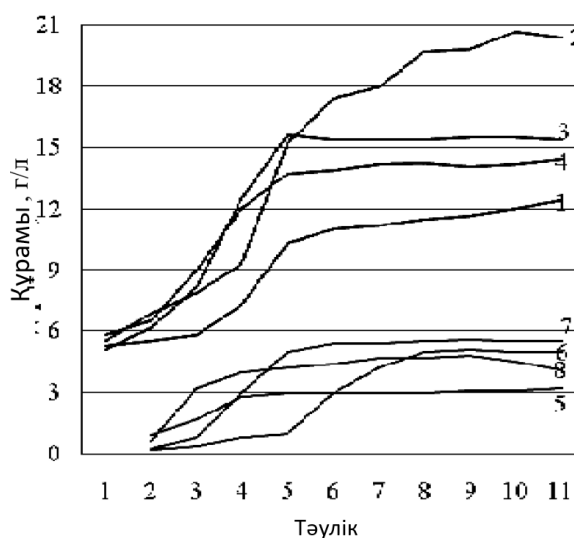
Микроорганизмдердің мезофильді қауымдастығы МА-3-тен кейінгі концентратты бактериялық шаймалау кезінде Fe – нің ерітіндіге ең үлкен ауысуы бақылаудағы 12,45 г/л-мен салыстырғанда 20,5 құрады, ал As сәйкесінше 5,0 және 3,2 г/л құрады (18 сурет). Концентраттың құрамындағы FeAsS оның МА-дан кейін СВУ-2-де су режимінде Қ:С=1:1 бақылау тәжірибесімен салыстырғанда әлдеқайда тиімді тотығады, бұл қатты фазадан ерітіндіге өткен As және Fe концентрацияларынан айқын көрінеді.

Өнеркәсіптік БШ кендерінің өндірістік процесі термофильді микроорганизмдердің белсенділігімен байланысты. 39 °С температурада V=2 л зертханалық реакторлардағы тәжірибелерде оң нәтиже алынды: МА әсері СВУ-2 су режимінде белсендірілген концентраттың тотығуында байқалды. Бұл ретте бақылаудағы 13,0 г/л Fe және 3,4 г/л As салыстырғанда 23,9 г/л Fe және 5,6 г/л As ерітіндіге өтті. БШ жылдамдығы бақылаудан (чем в контроле) 1,8 есе жоғары болды.

Егер бастапқы және активтендірілген концентраттың құрамына FeS_2 , Fe_7S_8 , $FeAsS$, Sb_2S_3 , FeS , ал кенді емес минералдардан – SiO_2 және $CaMg(CO_3)_2$ кірсе, онда олардың БШ кектерінде негізгі фаза гипс – $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ($d=0,758$ нм). болып табылады. Біршама аз мөлшерде SiO_2 ($d=0,334$ нм) бар. Ярозиттің айтарлықтай үлесі - $KH_3O \cdot [SO_4]_2 \cdot (OH)_6$ ($d=0,308$ нм). $D= 0,990, 0,497$ нм және

кейбір әлсіз рефлексдер мусковитке жатады –
 $(K,Na)(Al,Mg,Fe)_2(Si_{3.1}Al_{0.9})O_{10}(OH)_2$.

Бекітілген және S^0 ($d=0,384$ нм). Сульфидтердің рефлекстері – антимонит, пирит, пирротин, арсенопирит, троилит, сондай-ақ доломит, микроорганизмдердің термофильді қауымдастығы су режимінде СВУ-2-де активтендірілмеген және МА-дан кейін концентратты шаймалау кектерінде бастапқы концентраттың дифрактограммасында нақты бекітілген, бұл процестің толық жүруін көрсетеді.

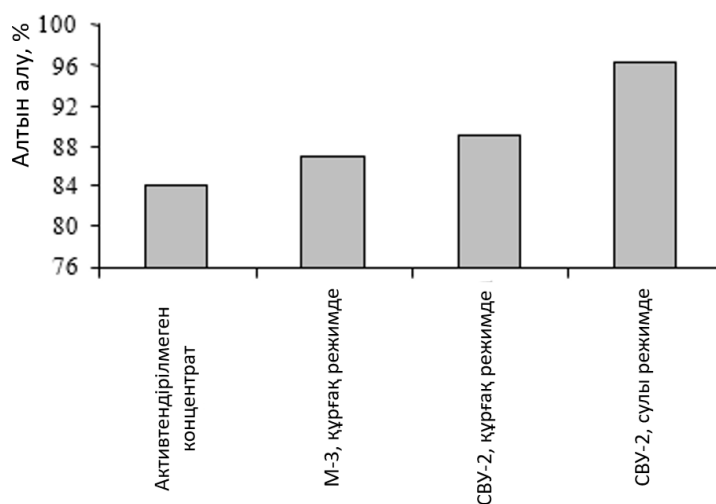


1-4-Fe жалпы.: 1 - Бастапқы (бақылау); 2-4 - активтендірілгеннен: 2 М-3, 3 мин құрғақ режимде; 3-4 СВУ – 2, 15 мин режимде: 3 - құрғақ; 4 – дымқыл; 5-8 – As жалпы.: 5-Бастапқы (бақылау); 6-8-активтендірілген: 6 - М-3, 3 мин құрғақ режимде; 7-8 - СВУ-2, 15 мин режимде: 7 - құрғақ; 8 – дымқыл

18 сурет - МА концентратының оның сульфидті бөлігінен Fe бактериялық ерітіндісіне ауысу көрсеткіштеріне жалпы әсері

Белсендірілген концентраттың реактивтілігінің жоғарылауы туралы оны H_2O_2 -мен шаймалау тәжірибелерінің нәтижелері де айтады. Оның құрамындағы $FeAsS$ -тен сұйық фазаға өткен As мөлшері құрғақ режимде МА-дан кейін екі аппаратта 2,5 сағаттан кейін бақылаудағы 0,2 г/л-мен салыстырғанда 3-5 г/л-ге жетті, бұл 15-25-ке көп.

Құрамында Au бар концентраттың бактериялық ерітіндімен өңдеуден кейінгі сорбциялық цианидтеу көрсеткіштеріне МА әсері. М-3 және СВУ-2 дегі МА-дан кейінгі БШ концентратын цианидтеу тәжірибелерінің нәтижелері оның активтендірілген фракцияларының сынамаларынан алтынды алу 84-тен 96% - ға дейін артқанын көрсетті. Су ортасындағы СВУ-2-дегі МА концентраты ең тиімді (19 сурет).



19 сурет - Термофильді қосылыстардың бактерияларды шаймалағаннан кейін М-3 және СВУ-2 құрамындағы МА концентратының одан кейінгі цианидтеу кезінде алтын алуға әсері бойынша тәжірибелердің нәтижелері

МА-ның кейінгі технологиялық процестер үшін шикізатты дайындау әдісі ретінде, оған ұшыраған заттар механикалық жүктемені дәстүрлі шар диірменінде (тиісінше 10-100 және 1 g) өндеуге қарағанда 1-2 реттік жоғары болатындығымен сипатталады. Нәтижесінде минералдардың кристалдық құрылымы ішінара, кейде толығымен бұзылады. Бұл олардың реактивтілігінің едәуір артуына әкеледі, бұл әртүрлі технологиялық процестердің, соның ішінде гидрometаллургиялық процестердің параметрлерін өзгерту мүмкіндігін береді. Түсті, сирек кездесетін және асыл металдарды дәстүрлі және отқа төзімді, сульфидті шикізаттан, қысқа мерзімде, төмен қысымда, температурада және т. б. толық алу мүмкіндігі бар. Бұл процестердің қолайлы экологиялық фонда жүруі маңызды, өйткені МА-да агрессивті заттар қолданылмайды, себебі механикалық химиялық реакциялардың бастамашысы ретінде ауа немесе су болып табылады.

Өнеркәсіптік өнімде - пирит, арсениопирит, пирротин және антимониттің кристалдық құрылымдарында алтын шоғырланған тұрақты сульфидті концентратта біз Fe және As иондарының БШ ерітіндісіне ауысуын арттыру мүмкіндігін көрсетеміз. Бұл жағдайда концентрат құрамындағы FeAsS негізгі массасы СВУ-2-де МА-дан кейін 2 күн ішінде тотығады. Белсендірілген концентраттан Fe және As шығысы бойынша БШ жылдамдығы активтендірілмегенге қарағанда 1,8 есе жоғары. БШ кектерін кейіннен цианидтеу кезінде алдын ала активтендірілген концентраты бар тәжірибе нұсқасында алтын алу бақылаудағы 84% - бен салыстырғанда 96% құрады. М-3 және СВУ-2-дегі МА-дан кейінгі концентратты сутегі асқын тотығымен шаймалау кезінде As сұйық фазаға 2,5 сағат ішінде ауысуы бастапқы фазаға қатысты 0,2% - бен салыстырғанда 3,5-тен 5% - ға дейін өсті.

Са, Mg(CO₃)₂ концентратының едәуір мөлшері бактерияларға зиян келтіретін сілтілі ортаның пайда болуына әкелетіндіктен, H₂SO₄ үлкен шығыны бар. Осыған байланысты құрамында Au бар концентраттың механохимиялық

активтенуі цианидтеу алдында орындалуы анағұрлым технологиялық болып көрінеді, себебі оның барысында сілтілі орта сақталады. Кенді шөгінділерді ғана емес, сонымен қатар алтын концентраторларының сульфидтерінің кристалды құрылымдарын бұзуға бағытталған МА қолдану тұрақты шикізатты дайындаудың перспективті әдісі болып табылады.

4 Механохимиялық активтендіру процессінің кемшіліктері

Механохимиялық активтендіру - бұл қатты күйдегі химиялық реакцияларды бастау үшін механикалық энергияны пайдалануды қамтитын процесс. Бұл әдістің құрамында алтын бар кендерді өндеуде кейбір ықтимал артықшылықтары бар екендігі көрсетілгенімен, бұл әдіспен байланысты бірқатар кемшіліктер де бар. Құрамында алтын бар кендерді өндеу кезінде механохимиялық активтендірудің кейбір негізгі кемшіліктеріне мыналар жатады:

1 Жоғары қуат тұтыну: механикалық-химиялық активтендіру процесі жүйеге механикалық энергияның едәуір мөлшерін беруді талап етеді, бұл жоғары қуат тұтынуға және онымен байланысты шығындарға әкелуі мүмкін.

2 Жабдықтың тозуы: механикалық энергияны пайдалану механохимиялық активтендіру үшін қолданылатын жабдықтың айтарлықтай тозуына әкелуі мүмкін, бұл техникалық қызмет көрсету мен ауыстыру шығындарының артуына әкеледі.

3 Процестің кешенді мониторингі: механохимиялық активтендіру процесін бақылап қарап отыру қиын болуы мүмкін, өйткені ол жеткізілетін механикалық энергия, химиялық реакциялар және кен қасиеттері арасындағы күрделі өзара әрекеттесуді қамтиды.

4 Экологиялық мәселелер: механикалық-химиялық белсендіруге байланысты энергияны көп тұтыну және тозу парниктік газдар шығарындыларының көбеюі және Қалдықтардың пайда болуы сияқты қоршаған ортаға айтарлықтай әсер етуі мүмкін.

ҚОРЫТЫНДЫ

Осылайша қорытындылай келе, механохимиялық активация құрамында алтын бар кендерді өңдеудің тиімді әдісі болатынын айта аламыз. МА-ның кейінгі технологиялық процестер үшін шикізатты дайындау әдісі ретінде, оған ұшыраған заттар механикалық жүктемені дәстүрлі шар диірменінде (тиісінше 10-100 және 1 g) өңдеуге қарағанда 1-2 реттік жоғары болатындығымен сипатталады. Нәтижесінде минералдардың кристалдық құрылымы ішінара, кейде толығымен бұзылады. Бұл олардың реактивтілігінің едәуір артуына әкеледі, бұл әртүрлі технологиялық процестердің, соның ішінде гидрометаллургиялық процестердің параметрлерін өзгерту мүмкіндігін береді. Түсті, сирек кездесетін және асыл металдарды дәстүрлі және отқа төзімді, сульфидті шикізаттан, қысқа мерзімде, төмен қысымда, температурада және т. б. толық алу мүмкіндігі бар.

Бұл бізге алтын өндіруді арттыруға және процесс шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл әдіс кендерді химиялық өңдеудің дәстүрлі әдістеріне қарағанда экологиялық таза болып келеді болып келеді. Тұтастай алғанда, механохимиялық активтендіру өнеркәсіпте пайдалану үшін үлкен әлеуетке ие және экономиканы дамыту, табиғи ресурстарды сақтау үшін пайдалы болуы мүмкін.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Тұрысбекова Г.С., Меретуков М.А., Бектай Е.Қ. Золото. Иновации в химии и металлургии. Алматы-2015. стр. 330-354
- 2 Минеев Г.Г. и др. Новые процессы и методы переработки золотосодержащих руд сложного вещественного состава. Иркутск. 1980. С. 3-12.
- Селезнева О.Г. Разработка методов извлечения золота из упорных сульфидных концентратов с применением механохимической активации Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Красноярск. 1983. 17 с.
- 3 Сыртланова Т.С. Исследование процессов вскрытия и выщелачивания золота из упорных арсенопиритных концентратов // Автореф. дисс. ...канд. техн. наук. М.: Мир. 1980. 25 с.
- 4 В.С. Литвинцев, Т.Н. Мельникова, Н.Г. Ятлукова, Н.М. Литвинова. «Механоактивация в процессах рудоподготовки» . Текст научной статьи по специальности «Химические технологии». 2005г.
- 5 А.В. Белый* (к. биол. н.), С.В. Дроздов* (к.т.н.), [В.Г. Кулебакин]** (д.т.н.), В.В.Лебедева** (м.н.с.) текст научной работы на тему «ВЛИЯНИЕ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ СУЛЬФИДОВ В СОСТАВЕ Au-СОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА И НА ПОСЛЕДУЮЩЕЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ». Т 52 (5) ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ 2009 УДК 622.733:669.243
- 6 В.И. Голик, В.Б. Келехсаев, Ю.А. Майстров, А.С. Олисаев. Текст научной работы на тему «Направления совершенствования механохимических процессов при утилизации хвостов обогащения руд».
- 7 https://bstudy.net/835857/tehnika/mehanohimicheskaya_aktivatsiya - 14.03.2023ж.
- 8 Дж. Авраамидес, Г. Паниас и Э. Стамболиадис. "Механохимическая активация тугоплавких золотых руд для повышения извлечения". Разработка полезных ископаемых, том 83, 2015, стр. 62-70.
- 9 Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. Новосибирск: Наука, 1986. – 305 с.
- 10 Болдырев В.В. Экспериментальные методы в механохимии твердых неорганических материалов. – Новосибирск: Наука, 1983. – 65 с.