

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

**Rəsulzadə Əli Rauf oğlu, Əliyev Güləli Elxan oğlu, Qasımov Fərid Həmzə
oğlu, Valehli Valeh Azər oğlu.**

**FİLİZLƏRİN FLOTASIYA VƏ QRAVİTASIYA ÜSULLARI İLƏ İLKİN
EMAL PROSESLƏRİNİN OPTİMAL REJİMLƏRİNİN ARAŞDIRILMASI**
mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASIYASI

İxtisas: 060605 – Dağ-mədən mühəndisliyi

İxtisaslaşma: Faydalı qazıntıların zənginləşdirilməsi

Elmi rəhbər: t.e.n., dos. İslamov Rafiq Vəzir oğlu

BAKİ - 2023

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ	5
FƏSİL I. FİLİZLƏRİN FLOTASIYALI ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏSİ PROSESİNİN NƏZƏRİ ƏSASLARININ ARAŞDIRILMASI VƏ OPTİMAL REJİMLƏRİNİN ANALİZİ	7
1.1. Flotasiya prosesi haqqında ümumi məlumat, onun mahiyyəti, növləri	7
1.2. Flotasiya prosesinin termodinamikası, islanmanın kənar bucağı, histerezisi	9
1.3. Hissəciyin qabarcıqlarla toqquşması.....	14
1.4. Flotasiya prosesinin kinetikasi və modelləşdirməsi.....	17
FƏSİL II. FLOTASIYA REAGENTLƏRİ VƏ ONLARIN TƏSİR MEXANİZMİNİN ARAŞDIRILMASI	21
2.1. Flotasiya reagentlərinin ümumi xarakteristikaları	21
2.2. Flotasiya reagentlərinin təsnifatı	22
2.3. Fazaların ayrılma sərhəddində reagentlərin adsorbsiyası	23
2.4. Yığıcılar və onların təsir mexanizmi.....	25
2.5. Apolyar yığıcılar	25
2.6. Kation yığıcılar.....	26
2.7. Oksihidril yığıcılar	27
2.8. Sulfhidril yığıcılar	28
2.9. Aktivləşdiricilər və onların təsir mexanizmi.....	29
2.10. Depressorlar və onların təsir mexanizmi	30
2.11. Mühit tənzimləyiciləri və onların təsir mexanizmi	31
2.12. Köpükəmələgətiricilər və onların təsir mexanizmi	33
FƏSİL III. FLOTASIYALI ZƏNGİNLƏŞDİRMƏ TEXNOLOGİYASININ VƏ MAŞINLARININ ARAŞDIRILMASI	35
3.1. Filizlərin mineral tərkibi	35
3.2. Mineralların təkrar dəyişməsi	35
3.3. Zənginləşməyə daxil olan filizin keyfiyyəti.....	36
3.4. Flotasiya sxemləri	37
3.5. Flotasiya əməliyyatlarının təsnifatı və mərhələləri.....	37

3.6. Kollektiv və selektiv flotasiya.....	39
3.7. Kombinləşmiş flotasiya sxemləri.....	40
3.8. Sulfid filizlərinin flotasiyası.....	41
3.9. Oksid və qarışıq filizlərin flotasiyası	43
3.10. Silikatların flotasiyası.....	43
3.11. İon flotasiyası	45
3.13. Flotasiya maşınlarına olan tələblər	46
3.14. Mexaniki flotasiya maşınları.....	47
3.15. Pnevмомexaniki flotasiya maşınları	48
3.16. Pnevmatik flotasiya maşınları	50
3.17. Flotasiya maşınlarının seçilməsi	51
FƏSİL IV. QRAVİTASİYALI ZƏNGİNLƏŞDİRMƏ ÜSULLARININ VƏ	
UYĞUN AVADANLIĞIN ARAŞDIRILMASI.....	54
4.1. Qravitasiyalı zənginləşdirmə üsulunun nəzəri əsasları	54
4.2. Qravitasiyalı zənginləşdirmə üsulları.....	57
4.3. Çökmə prosesi və prosesin nəzəri əsasları	58
4.4. Çökmə maşınları	59
4.5. Su axınında zənginləşdirmə	63
4.6. Konsentrasiya masalarında zənginləşdirmə	64
4.7. Novçalarda zənginləşdirmə	65
4.9. Ağır suspenziyalarda zənginləşdirmə	69
4.10. Qravitasiyalı zənginləşdirmə sxemləri.....	70
4.11. Səpintilərin qravitasiyalı zənginləşdirilməsi.....	71
NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR	72
İSTİFADƏ OLUNAN ƏDƏBİYYAT SİYAHISI.....	73

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı: Azərbaycan Respublikası ərazisi müxtəlif növ filiz yataqları ilə zəngindir. Filizlərin kompleks istifadəsi emalın səmərəliliyini ciddi şəkildə artırır. Filizlərin kompleks istifadəsində zənginləşdirmə prosesləri mühüm əhəmiyyət və rol oynayır. Zənginləşdirmə əməliyyatlarının təkmilləşdirilməsi, yeni sxemlər və avadanlıqların tətbiqi və s. istiqamətində yerinə yetirilmiş hər hansı bir tədqiqat işi elmi maraq doğurmaqla yanaşı özünün aktuallığı ilə fəqlənir. Mədən sənayesi filizlərin o cümlədən ümumilikdə faydalı qazıntıların çıxarılması və onların ilkin emal və s. ilə məşğul olan elm sahəsidir. Azərbaycan Respublikasının ərazisində çoxlu sayda faydalı qazıntı ələxsus müxtəlif filiz yataqları ilə zənginliyini nəzərə alaraq filizlərin ilkin emalı və əsasən onların zənginləşdirilməsi istiqamətində yerinə yetirilən tədqiqatla bağlı mövzular aktualdır.

Tədqiqatın məqsədi: Yerinə yetirilən hal-hazırki magistr dissertasiyasının məqsədi mövcud zənginləşdirmə üsullarının, əməliyyatların və digər proseslərin araşdırılması tədqiqatın məqsədidir.

Tədqiqatın predmeti və obyektı: Hal-hazırda magistr dissertasiyanın obyektı filizlərin mövcud zənginləşdirmə üsullarının optimal emal rejimlərinin araşdırılması mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Tədqiqatın obyektı əsasən Azərbaycan Respublikası ərazisində yerləşən müxtəlif filiz yataqlarıdır.

Elmi yenilik: Yerinə yetirilmiş hal hazırda magistr dissertasiyasının başlıca elmi yeniliyi mövcud zənginləşdirmə üsullarının optimal rejimlərinin, texnologiyalarının, avadanlıqlarının, sxemlərinin və s. əməliyyatlarının araşdırılmasıdır.

Təcrübi əhəmiyyəti: Araşdırmaların nəticələri əmək məhsuldarlığının artırılmasına, xərclərin azaldılmasına, ətraf mühitin səmərəli şəkildə qorunmasına və s. əməliyyatlara imkan yaradır.

İşin müzakirəsi: Hal-hazırki magistr dissertasiyasının məzmunu, Metallurgiya və kristallar texnologiyası kafedrasının elmi seminarlarında, müxtəlif konfranslarda məruzə və müzakirə edilmişdir. Respublika elmi texniki konfransında məruzələr edilmişdir:

1. Qasimov F.H. “Flotasiya sxemlərinin araşdırılması”. Ümumilli lider H.Əliyevin anadan olmasının 100 illiyinə həsr olunmuş VII Respublika elmi-texniki konfransı.Bakı.May 2023 -cü il.

2. Valehli V.A.” Qravitasiyalı zənginləşdirmə üsullarının araşdırılması 2. Ümumilli lider H.Əliyevin anadan olmasının 100 illiyinə həsr olunmuş VII Respublika elmi-texniki konfransı.Bakı.May 2023 -cü il.

İşin həcmi və strukturu: Magistr dissertasiya işi giriş, dörd fəsil, nəticələrdən ibarət olub, tərkibində istifadə olunmuş 16 ədəbiyyat siyahısından ibarətdir.

FƏSİL I. FİLİZLƏRİN FLOTASIYALI ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏSİ PROSESİNİN NƏZƏRİ ƏSASLARININ ARAŞDIRILMASI VƏ OPTİMAL REJİMLƏRİNİN ANALİZİ

1.1. Flotasiya prosesi haqqında ümumi məlumat, onun mahiyyəti, növləri

Flotasiya bir çox faydalı qazıntıların zənginləşdirilməsi üçün əsas texnoloji prosesdir. Hazırda təkcə MDB məkanında əlvan, nadir və qara metal filizləri, kömür, fosfat filizləri, kükürd, feldispat, bor filizləri, florşpat, kalium duzları və digər faydalı qazıntılar zənginləşdirmə fabrikləri fəaliyyət göstərir. Bir çox filizlər, xüsusilə əsas və nadir metal filizləri üçün flotasiya ilə rəqabət apara biləcək başqa zənginləşdirmə prosesi yoxdur.

İstənilən sistemdə hissəciyin sərbəst enerjisi onun potensial və səth enerjisinin cəmidir. Aydınır ki, hissəcik ölçüsü (diametri) azaldıqca, onun potensial enerjisi səth enerjisindən daha çox azalır. Buna görə də, bir hissəciyin səth enerjisi potensial enerji ilə nə qədər kiçik olsa da, həmişə kiçik ölçülü hissəciklər əldə etmək mümkündür, onların səthi enerjisi potensialdan çox daha böyük olacaqdır. Flotasiya prosesində iştirak edən bu hissəciklərdir. Üzən hissəciklərin ölçüsü adətən 0,6 mm-dən, xüsusi flotasiya rejimlərində isə bir neçə millimetrdən çox olmur.

Flotasiya sistemi heterogendir. Molekulyar qüvvələr kiçik təsir radiusuna malik olduğundan, səth enerjisinin qalınlığı iki və ya üç molekulun ölçülərini bir qədər üstələyən nazik səth qatında lokallaşdırıldığı güman edilir .

Səth dipol su molekullarını daha az dərəcədə cəlb edir və hava ilə daha güclü qarşılıqlı təsir göstərir, yəni səth hidrofobik olur.

Mineralların əzilməsi və üyüdülməsi zamanı səthdə ifşa olunan bağların xarakteri onların kristal qəfəslərinin quruluşu ilə müəyyən edilir.

Flotasiya, digər zənginləşdirmə proseslərindən fərqli olaraq, universal bir prosesdir, çünki heç bir prinsip yoxdur. Flotasiya prosesinin çox yönlü olması onunla təmin edilir ki, əgər ayrılmış mineralların xüsusi səth enerjisinin dəyərlərindəki “təbii” fərq kiçikdirsə və effektiv flotasiya ayrılması üçün kifayət deyilsə, o zaman xüsusi reagentlərdən istifadə etməklə artırıla bilər. Təcrübə hər hansı faydalı

qazıntıların ayrılması üçün flotasiyadan istifadənin fundamental imkanlarını təsdiq edir və onun milli iqtisadiyyatın müxtəlif sahələrində əhatə dairəsi daim genişlənir.

Mineralların flotasiya ilə ayrılması aşağıdakı interfeyslərdə aparıla bilər: maye-qaz, maye-maye, maye-bərk və qaz-bərk.

Hal-hazırda nadir metal konsentratlarının sxemlərində geniş istifadə olunan flotasiya-qravitasiya zənginləşdirmə metodunda plyonkalı flotasiya prinsipindən istifadə olunur. Bu üsula əsasən, ayrılmış mineralların nisbətən iri hissəciklərinin qarışığı (3 mm və daha çox) konsentratı çirkləndirən sulfid minerallarının üzmə qabiliyyətini artırmaq üçün əvvəlcə reagentlərlə işlənir və sonra konsentrasiya cədvəlinə daxil olur.

Hal-hazırda demək olar ki, bütün flotasiya qurğularında istifadə edilən ənənəvi köpük flotasiyasında müxtəlif cihazlardan istifadə etməklə təzyiqli hava ilə məhlulda incə qabarcıqlara səpələnir.

Vakuüm flotasiyası zamanı pulpanın aerasiyası məhluldan havanın buraxılması ilə təmin edilir. Proses koklaşan kömürlərin zənginləşdirilməsi üçün istifadə olunur və digər faydalı qazıntıların flotasiyası üçün perspektivlidir. Bənzər bir flotasiya prosesi su əvvəlcə təzyiqli hava ilə doyurulursa və sonra atmosfer təzyiqində qabarcıqlar buraxılırsa əldə edilir. Bu cür yüksək təzyiqli flotasiya və ya sıxılma flotasiyası, suyu nazik yağ damcılarında təmizləmək üçün istifadə olunur, onlar ayrılan qabarcıqların səthində bərkidilir və onlarla birlikdə təmizləyici qurğunun səthinə qədər üzür.

Buxar qabarcıqlarının əmələ gəlməsi və suda həll olunmuş havanın buraxılması da pulpa qaynadılan zaman baş verir. Qrafit filizlərini zənginləşdirmək üçün bir müddət qaynar flotasiyadan istifadə edilmişdir.

Kimyəvi və ya qaz flotasiyasında qaz qabarcıqları kimyəvi qarşılıqlı təsir nəticəsində əmələ gəlir, məsələn, məhlula yüklənmiş turşu və karbonatlar arasında. Elektroflotasiyada elektroliz zamanı əmələ gələn hidrogen və ya oksigen qabarcıqlarının fazalararası səthindən istifadə olunur. Hidrotozsuzlaşdırma prosesi həm də maye-qaz interfeysində baş verən flotasiya hadisələrinə əsaslanır. Bu vəziyyətdə su damcıları tozlu havada hərəkət edir. Toz hissəcikləri su damcıları ilə

toqquşduqda, üzən hissəciklər damcıların səthində (yəni fazalararası maye-qaz interfeysində) bərkidilir və üzməyən hissəciklər damlacıqlara (yəni maye fazaya) keçir.

Yağ flotasiyası prosesi yüksək yağ sərfiyyatı səbəbindən sənayedə tətbiq edilməmişdir. Qranulyasiya prosesi hələ də bəzi xarici zavodlarda koklaşan kömürlərin zənginləşdirilməsi üçün istifadə olunur. Flotasiya prosesində istifadə olunan yağ kömürün koklaşdırılması zamanı çıxarılır.

Flotasiya bir sıra mühüm milli iqtisadi problemlərin həllinə kömək edir.

Flotasiyadan istifadə etməzdən əvvəl, məsələn, polimetal filizlərdən yalnız kollektiv konsentratlar əldə etmək mümkün idi, çünki oxşar fiziki xassələrə malik faydalı mineralları qravitasiya, maqnit və digər qeyri-flotasiya prosesləri ilə ayırmaq mümkün deyildi.

Flotasiya prosesinin istifadəsi davamlı olaraq genişlənir. Emal edilmiş xammalın kəmiyyətinə və çeşidinə görə flotasiya digər texnoloji zənginləşdirmə prosesləri arasında birinci yeri tutur. Bundan əlavə, flotasiyadan metallurjiyada, biologiyada (müxtəlif növlərin ayrılması üçün), ekologiyada (sahil sularının səthindən çirkab sulardan və ya neft və mazutdan zərərli maddələrin çıxarılması), kənd təsərrüfatında (müxtəlif toxumları ayırmaq üçün), geologiyada, tibb və iqtisadiyyatın digər sahələrində geniş istifadə olunur.

1.2. Flotasiya prosesinin termodinamikası, islanmanın kənar bucağı, histerezisi

Flotasiyada istifadə olunan ən mühüm praktiki fazalar su (maye), mineral (bərk) və havadır (qaz). Bu halda elementar aktın mümkünlüyü ,nterfeyslərinin xüsusiyyətlərindən asılıdır.

Su-hava interfeysinin xassələri, əsasən, onun xüsusi sərbəst səth enerjisinin dəyəri və qaz-maye interfeysindəki su molekullarının səth təbəqəsinin quruluşu ilə müəyyən edilir, bu da öz növbəsində, suyun mövcudluğundan və konsentrasiyasından asılıdır. Ölçüləri molekullararası qüvvələrin təsir radiusunu, yəni 0,2 mkm-dən çox və ya ona bərabərdirsə, qabarcıq daxilində təzyiq , kapilyarlığın birinci qanununa uyğun olaraq düsturla müəyyən edilir.

$$p_k = \sigma_{q-j} (1/R + 1/\rho)$$

burada k və p qabarcıq səthinin əsas əyrilik radiuslarıdır. Əgər sferikdirsə, onda $R=p=R_j$ və sonra

$$p_k = 2\sigma_{q-j} / R_j$$

Sərbəst enerjini azaltmaq istəyi suda hava qabarcıqlarının və ya qeyri-qütblü yağların damcılarının birləşməsini izah edir.

Əgər suyun həcmində flotasiyada reagent kimi istifadə olunan apolyar yağların (karbohidrogen mayeləri) və ya heteropolyar üzvi birləşmələrin (uzun zəncirli spirtlər, yağ turşuları, aminlər) damcıları varsa, o zaman onlar qabarcıqla toqquşduqda səthə yayıla bilər.

Flotasiyada istifadə edilən əksər üzvi mayelər üçün yayılma əmsalı S müsbət qiymətə malikdir, çünki σ_{m-q} dəyəri, bir qayda olaraq, $\sigma_{y-m} + \sigma_{y-q}$ dəyərindən böyükdür. Beləliklə, V.Qarkinsə görə tədqiq edilən karbohidrogen mayeləri üçün yayılma əmsalı 0,2-6,8 mJ arasında dəyişir. Uzun zəncirli spirtlər üçün - 36,7-dən 49 mJ-ə qədər və yağ turşuları üçün 24,6-dan (olein turşusu üçün) 45,7 mJ-ə qədər. Bu o deməkdir ki, onların su-qaz interfeysi üzərində yayılması kortəbii olaraq sərbəst enerjinin azalması ilə müşayiət olunur.

Üzvi mayenin yayılma sürəti yayılma əmsalının qiymətlərinin artması ilə artır və qabarcıq səthinin əyriliyinin artması ilə azalır. Yayılma sürəti təmasda olan fazaların özlülüyündən və onlarda çirkəlin olmasından təsirlənir. Hətta ağır parafin yağı kimi yayılmayan bir maye də bəzi yağ turşularını və ya yağla su arasında yapışmanı artıran digər maddəni həll etməklə suyun üzərinə yayıla bilər.

Yayılma prosesi adətən kifayət qədər qalın təbəqələrin əmələ gəlməsi ilə müşayiət olunur. Üzvi reagentlərin qabarcıq səthində adsorbsiya təbəqələrinin qeyri-tarazlığı flotasiyaya əhəmiyyətli təsir göstərir. Məsələn, $\Delta\sigma$ dəyəri ilə reagentlərin flotasiya aktivliyi, onların köpüklənmə qabiliyyəti, üzən hissəciklərin ölçüsü və flotasiya məhsullarının keyfiyyəti arasında kifayət qədər sıx əlaqə vardır. Qabarcıq səthinin müxtəlif səviyyələrində adsorbsiya təbəqələrinin tarazlıq dərəcəsini

(müşahidə olunan korrelyasiya və digər hadisələrin səbəblərini öyrənmək məqsədilə) riyazi hesablamaların əsasını təşkil edən Laplas tənliyindən istifadə etməklə qiymətləndirmək olar. Bu nəzəriyyə asanlıqla daşınan maye-qaz (yaxud maye-maye) interfeysinə formasını təsvir edir.

Suyun sərhəd qatlarına hidrat təbəqələri deyilir. Həcmi su ilə müqayisədə onlar artan özlülük və azaldılmış həlledici gücə malikdirlər, onlarda həll olunan maddələrin diffuziya sürəti daha aşağıdır .

Hava-su interfeysinə apolyar yağ-su interfeysi ilə əvəz edilməsi yağ damcısı və ya yağla örtülmüş hava qabarcığının ətrafındakı hidratlı təbəqənin strukturunu və qalınlığını əhəmiyyətli dərəcədə dəyişməyəcək.

Heteropolyar molekulların belə bir istiqaməti qabarcıq səthinə qütbləşməsinə səbəb olur və istilik hərəkəti ilə kəsilənə qədər mayenin dərinliyinə tədricən zəifləyərək yayılacaq su molekullarının eyni oriyentasiyasına səbəb olur. Nəticədə qabarcığın ətrafında əhəmiyyətli qalınlıqda (10^{-6} - 10^{-5} sm) hidrat təbəqəsi yarana bilər.

Qabarcıqlar və damcılardan ətrafında qalın hidrat təbəqələrinin əmələ gəlməsi, ilk növbədə, onların səthinin sərtliyinin artmasına və formasının sferik birinə yaxınlaşmasına səbəb olur. Kürə hidrodinamik cəhətdən ən az sərfəli formalardan biri olduğundan, qabarcıqların və damcılardan yüksəlmə sürəti azalacaq və onların pulpada qalma müddəti artacaq. İkincisi, qabarcıqların və damcılardan səthində hidrat təbəqələrinin olması onların birləşməsinə mane olur. Onun termodinamik ehtimalı yalnız hidrat təbəqələrinin məhv edilməsi üçün lazım olan aktivləşmə enerjisinin müəyyən bir dəyəri ilə, məsələn, qabarcıqların və damcılardan toqquşmasının kinetik enerjisi hesabına həyata keçirilə bilər. Bütün bunlar pulpada apolyar yağların qabarcıqların və damcılardan konsentrasiyasının və sabitliyinin artmasına səbəb olur.

Mineral su arasındakı interfeysin xassələri mineralın kristal-kimyəvi quruluşundan asılıdır.

Apolyar yağ damlacıqlarının iştirakı ilə hidrofilik mineralların səthinə bərkidilməsi baş vermir, əgər belə bir proses qütb mineral-suyun təmas səthinə dəyişdirilməsi nəticəsində sistemin sərbəst enerjisinin artması ilə müşayiət olunursa

(təmasda olan fazaların polaritesindəki kiçik fərqə görə) qütb mineral-apolyar yağı dəyəri ilə (bu fazaların polaritesindəki böyük fərqə görə) hidrofilik mineralların səthində hava qabarcıqlarının sərbəst buraxılması baş verməməlidir.

Apolyar yağların damlacıqlarının bərkidilməsi və havanın mikro qabarcıqlarının sərbəst buraxılması zamanı səthdə kifayət qədər hidrofobik minerallar müşahidə edilə bilər.

Flokulyasiya, heteropolar bir reaktiv kollektorunun apolyar qruplarının və ya hissəcik kollektoru tərəfindən yapışan təbii-hidrofobik və ya hidrofobik hissəciklərin səthinə bərkidilmiş apolar yağın karbohidrogen zəncirlərinin birləşməsi nəticəsində baş verir. Hissəciklərin hidrofobik səthinə nisbətən daha intensiv axır və bir-birinə yapışdıqda sistemin sərbəst enerjisində daha çox qazanc əldə edir.

Koaqulyasiya, hətta hidrofilik mineralların qeyri-üzvi elektrolitlərlə səth qarşılıqlı təsiri nəticəsində baş verə bilər. Təbii ki, koaqulyasiya hadisələri flokulyasiya ilə müşayiət oluna bilər.

Hissəciklərin və qabarcıqların potensialı çox fərqli olduqda və ya səthləri əks yükləndikdə enerji maneəsi azalır, elektrostatik qüvvələrin diapazonu azalır (elektrolitlərin iştirakı ilə məhlulun ion gücünün artması ilə diffuz hissəsinin sıxılması səbəbindən), hissəciklərin hidrofobiklik dərəcəsi artır və səthlərindəki hidrat təbəqələrinin qalınlığı azalır. Əksinə, hissəciklərin hidrofobiklik dərəcəsinin azalması və səthlərindəki hidrat təbəqələrinin qalınlığının artması ilə, hissəciklərin və qabarcıqların səthinin eyniadlı yüklənməsi zamanı potensial dəyərlərin artması ilə artacaqdır .

Elementar flotasiya aktı zamanı qabarcıq və hissəcik arasındakı su interlayının enerjisinin dəyişməsinin nəzərdən keçirilən qanunauyğunluqları apolyar reagentlərin qabarcıqlarının və damcılarının birləşməsi, hissəciklərin laxtalanması və flokulyasiyası, damcılarının fiksasiyası halları üçün də etibarlıdır.

Mineralların qaz-su interfeysində (və ya ümumi halda qaz-maye) bərkidilmə qabiliyyəti mineral səthinin polarite dərəcəsi ilə, onun su (maye) molekulları ilə qarşılıqlı təsir enerjisindən və nəmlənmə qabiliyyətindən asılıdır. Tarazlıq kənar bucağı θ_r , təmasda olan fazalar üçün fiziki-kimyəvi sabitdir və onların ölçüsündən və

nisbi mövqeyindən, cazibə qüvvələrinin təsirindən və faza interfeysindəki sərbəst səth enerjisinin dəyərlərinə təsir etməyən digər amillərdən asılı deyil. Tarazlıq təmas bucağı üç fazanın interfeysində hərəkət edən qüvvələrin tarazlığı şərti ilə müəyyən edilir:

$$\theta_r = f(\sigma_{m-q}, \sigma_{y-q}, \sigma_{m-y})$$

Mineral səthin su ilə islanması nə qədər az olarsa, hidrofobiklik dərəcəsi və Θ_p -nin kənar bucağının dəyəri daha yüksəkdir. Tamamilə hidrofobik cisimlər hələ elmə aydın deyil. Bütün məlum cisimlərin ən böyük hidrofobikliyi, kənar bucağı 112° olan parafindir. Əksər hallarda flotasiya təcrübəsi səthində təmas bucaqları 90° -dən az olan minerallarla məşğul olur. Eyni dəyərlər, hava və ya qaz qabarcıqlarının əvəzinə apolyar yağların damcılarında istifadə edilərsə, selektiv nəmlənmənin təmas bucaqları üçün də müşahidə olunur.

Islatma histerezinə səbəb olan fiziki-kimyəvi səbəblər əsasən maye fazanın qaz fazasının başlanğıcında interfeysdə mayenin sərhəd (hidrat) təbəqələrinin əmələ gəlməsi və maye fazanın başlanğıcında qaz fazasının məhv olması ilə əlaqədardır. Köpüklə flotasiya pulpanın turbulent hərəkəti şəraitində həyata keçirilir, çünki onun laminar hərəkəti ilə mineral hissəciklər flotasiya maşınının dibinə çökməyə başlayacaqdır. Bu vəziyyətdə, pulpa, daxil edilmiş hissəciklər və qabarcıqlar ilə birlikdə əyri traektoriyalar boyunca hərəkət edir, bu da mərkəzdənqaçma qüvvələrinin görüşünə səbəb olur, onların təsiri altında sıxlığı pulpanın sıxlığından az olan hava qabarcıqları hərəkət etməyə başlayır. Pulpa burulğanın periferiyasından onun mərkəzinə keçir və eyni zamanda yuxarıya doğru süzülür. Sıxlığı pulpanın sıxlığından böyük olan mineral hissəciklər, əksinə, pulpada burulğanın mərkəzindən periferiyaya doğru hərəkət edir və eyni zamanda cazibə qüvvəsinin təsiri altında batır. Hissəciyin və qabarcığın əks hərəkəti onların görüşünə və hissəciyin qabarcığa fiksasiyasına gətirib çıxarır.

Tarazlıq şəraitində hissəciyi qabarcıqdan ayıran və ayrılmasına mane olan qüvvələrin cəmi bərabər olur.

$$F_f + F_n = F_i + F_v$$

Tarazlıq bağlanma qüvvələrinin üstünlüyü istiqamətində nə qədər çox yerdəyişsə, mineral hissəciklərin qabarcıqla təması bir o qədər güclü olar.

Flotasiya zamanı qabarcıq minerallaşmasının mexanizmi çox mürəkkəbdir. Flotasiya prosesində milyonlarla qabarcıq və hissəciklər iştirak edir və onların hər birinin flotasiya ehtimalı bu prosesin ayrı-ayrı mərhələlərinin ehtimalından asılıdır. Bunlara daxildir: hissəciklərin reagentlərlə qarşılıqlı təsiri, onların qabarcıqlarla toqquşması, qabarcıqlarda fiksasiya, hərəkət ayırıcı qüvvələr, mürəkkəb aerofloklların əmələ gəlməsi və məhv edilməsi şərtləri, köpük təbəqəsində baş verən proseslər və s.. Real şəraitdə hər bir mərhələ mürəkkəbləşir ki, onun tərkibində səth xassələri, forması, forması ilə fərqlənən müxtəlif mineralların hissəcikləri iştirak edir. Buna görə də vahid flotasiya prosesinin hadisələri arasında əlaqə çox mürəkkəb və müxtəlifdir.

1.3. Hissəciyin qabarcıqlarla toqquşması

Hissəciklərin qabarcıqla toqquşması ω_c , onların sürətindən, miqdarından, formasından və ölçüsündən asılıdır; ona həm də mühitin hissəcik sıxlığı, özlülüyü və sıxlığı təsir edir.

Hissəciyin qabarcıqla toqquşması əsasən hidrodinamik rejimlə müəyyən edilir. Maye cərəyanı ilə hissəciklərin daxil olması səbəbindən silindrik boruda hərəkət edən hissəciklərin yalnız bir hissəsi, kəsişmə radiusu radiusların cəminə bərabərdir E. Onun başqa bir toqquşma ehtimalını xarakterizə edən dəyəri σ_c və σ_o kəsik sahələrinin nisbəti ilə müəyyən edilir.

$$E = \sigma_c / \sigma_o = \pi l^2 / \pi (R + r)^2 = l^2 / (R + r)^2$$

E daxil olma əmsalını təyin etmək üçün flotasiyada istifadə olunan bütün ölçülü qabarcıqların yaxınlığında axın sürət sahəsinin təsviri mürəkkəb və bu günə qədər həll edilməmiş problemdir. Onun mürəkkəbliyi əlavə edilmiş kütlənin təsiri də daxil olmaqla, qravitasiya sürüşməsi, ətalət amilləri kimi əhəmiyyətli amillərin, həmçinin hissəcikdə baş verən axının qeyri-stasionarlığı və qeyri-bərabərliyi ; hissəciyin fırlanması , qabarcıq ətrafında qeyri-ideal maye axını ilə əlaqədardır.

Hərəkət edən hissəciklərin və qabarcıqların yaratdığı sahələrin hidrodinamik qarşılıqlı təsirinin xarakteri hissəcik və qabarcıq ölçülərinin nisbətindən asılıdır. d/D nisbətinin artması ilə tutma səmərəliliyi E əvvəlcə ətalət qüvvələrinin artması hesabına artır, sonra isə azalır.

Köpük flotasiyasında tələb olunan qabarcıq ölçüsü aşağıdakı şərtlərə cavab verməlidir:

həcmi V_n olan minerallaşmış qabarcığın qaldırıcı qüvvəsi F_a yüksəlməyə qarşı olan F_i inertial qüvvəsindən böyük olmalıdır; minerallaşmış qabarcığın sıxlığı δ_p , pulpanın sıxlığından δ_j az olmalıdır, əks halda o, üzməyəcək.

Minerallaşmış qabarcıqların sürəti və qalxması praktikaya görə optimal və bərabər olmalıdır. Daha aşağı sürətlə, qabarcıqların pulpa səthinə üzmək üçün vaxtı yoxdur və onların əksəriyyəti quyruqlara keçir. Minerallaşmış qabarcıqların daha yüksək yüksəlmə dərəcələri böyük qabarcıqların istehsalını tələb edir, bu da flotasiya mayesinin interfeysinə azalması ilə əlaqəlidir.

Birinci şərtə görə, minerallaşmış qabarcığın minimum tələb olunan ölçüsü, yerdəyişmiş mayenin çəkisinə bərabər olan qabarcığın qaldırma qüvvəsi F_a ilə F_i ətalət qüvvəsi arasındakı bərabərlik şərtindən müəyyən edilir.

$$V_n \delta_j g \geq kd^3 (\delta_T - \delta_j) C$$

Qabarcığın həcmi D diametri ilə ifadə etsək

$$V_p = \pi D^3 / 6$$

və yaranan ifadəni tənliyinə əvəz edərək tapırıq

$$D \geq d \sqrt[3]{6kC(\delta_T - \delta_j) / (\pi g \delta_j)}$$

Kritik ölçülü və sıxlığı $\sigma_T (3,5+17.5) \cdot 10^3$ mineral hissəciklər üçün 10 g-dən 30 g-ə qədər sürətlənmə aralığında hesablama nəticələri $D=2.2+1\text{mm}$ qabarcıqlarının diametrini verir.

İkinci şərtə görə lazımdır

$$\delta_p = Q_p/V_p < \delta_j$$

Burada Q_p minerallaşmış qabarcığın ağırlığıdır, praktik olaraq qabarcıqda sabitlənmiş hissəciklərin ağırlığına bərabərdir. Sabit hissəciklərin həcmi hissəciklər tərəfindən tutulan πD^2 qabarcıq sahəsinin və hissəcik qatının orta qalınlığının dəyərləri məhsulu kimi tapıla bilər. d hissəciklərinin orta diametri buna görə minerallaşmış qabarcığın çəkisi, havanın ağırlığını qeyd etməsək, bərabər olacaqdır.

$$Q_p = \pi D^2 d \delta_T \alpha$$

burada α mineral hissəciklərlə örtülmüş qabarcığın səthinin onun səth sahəsinə nisbətini xarakterizə edən və 0,03-0,3-ə bərabər olan qabarcıqların minerallaşma əmsalidir.

V_p və Q_p əvəz edərək, əldə edirik.

$$\delta_p = 6\alpha d \delta_T / D < \delta_j$$

$$D > 6\alpha d \delta_T / \delta_j$$

İndi minerallaşmış qabarcığın optimal qalxma sürətini nəzərdə tutan üçüncü şərtə əsasən hava qabarcığının ölçüsünü müəyyən edək [$v = (5 \div 15) 10^{-2}$ m/s]. Mayedəki qabarcığın yüksəlmə sürəti Allen düsturu ilə hesablanı bilər:

$$V = 26D^3 \sqrt{(\delta_j - \delta_p) / \mu}$$

burada μ — sellüloz özlüyü. Pulpa özlüyünün suyun özlülüyünə bərabər olduğunu fərz edərək (0,001 Pa.) ilə $\frac{6\alpha d \delta_T}{D}$ dəyərini əvəz edərək, qabarcıq diametrini təyin olunmuş qaldırma sürətinə görə təyin etmək üçün bir tənlik də əldə edirik.

$$1,77 * 10^6 \delta_j D^3 - 10,6 * 10^6 \alpha d \delta_T D^2 - v^3 = 0$$

Beləliklə, adi hissəciklərin flotasiyası zamanı nəqliyyat qabarcıqlarının minimum ölçüsü ən azı 0,6 mm, kritik hissəciklərin flotasiyası zamanı isə ən azı 1-2 mm olmalıdır.

1.4. Flotasiya prosesinin kinetikasi və modelləşdirməsi

Flotasiya prosesinin kinetikasi, üzən mineralın ε -nin t vaxtından asılılığı ilə xarakterizə olunur, yəni $d\varepsilon/dt$ törəməsi müəyyən bir zamanda flotasiya sürətini təmsil edir və əyrinin meyl bucağının tangensi ilə müəyyən edilir $\varepsilon = f(t)$.

Flotasiya sürəti prosesin vacib texnoloji xüsusiyyətidir.

Flotasiya zamanı qabarcıqların mineralizasiya prosesinin aşağıdakı ümumi tənliyi istifadə olunur :

$$dx/dt = z\varphi_{səm}N(x_0 - x)$$

burada x , zaman keçdikcə qabarcıqların səthində sabitlənmiş hissəciklərin sayıdır ; z — mütənasiblik əmsalı', $\varphi_{səm}$ — fiksasiya səmərəliliyi əmsalı; N pulpa həcmnin vahidində minerallaşa bilən qabarcıq sayı: x_0 — pulpada yerləşən və flotasiyaya məruz qalan hissəciklərin sayı.

Hissəciklərin qabarcıqlara bərkidilməsinin sürəti dx/dt qabarcıqlara yapışa bilən hissəciklərin sayı $(x_0 - x)$, N qabarcıqların sayı və $\varphi_{səm}$ qabarcıqlara hissəciklərin bərkidilməsinin səmərəliliyi ilə mütənasibdir.

Böyüklüyü $(x_0 - x)$ sola, dt - ni sağa və inteqrasiya edərək əldə edirik:

$$\int_0^x \frac{dx}{x_0 - x} = \ln[x_0 / (x_0 - x)] = z \int_0^t N \varphi_{səm} dt$$

Birinci inteqralın sayını və məxrəcini x_0 -ya bölmək və x/x_0 -nu e ilə əvəz etməklə (vahid fraksiyalarında) əldə edirik:

$$\ln[1/(1 - \varepsilon)] = z \int_0^t N \varphi_{səm} dt$$

$$\ln[1/(1 - \varepsilon)]$$

$$\ln[1/(1 - \varepsilon)] - t$$

xüsusi flotasiya dərəcəsi əmsalı adlandırılı bilər.

Flotasiya prosesinin kinetik modeli yeni flotasiya cihazlarının hesablanması və

dizaynı, nəzarət və avtomatlaşdırma tələbləri nəzərə alınmaqla flotasiya fabriklərinin dizaynı, avtomatik idarəetmə rejimində prosesə nəzarət sistemlərinin qurulması üçün elmi prinsiplərin hazırlanması üçün lazımdır.

İndiyə qədər bir neçə növ flotasiya modeli təklif edilmişdir.

İki fazalı flotasiya modelində məhlul (p fazası) və köpük (f fazası) hər birində hissəciklər yalnız bir vəziyyətdə olan ideal qarışıq fazalar hesab edilir. İki fazalı model aşağıdakılardan əldə edilə bilər: (dörd hallı model) 1 və 2-ci vəziyyətləri 3 və 4-cü vəziyyətlərin bir p, a vəziyyəti ilə bir köpük halı ilə əvəz etsə. Sonra iki fazalı modeldə flotasiya kinetikasını təsvir edən tənliklər sistemi belə görünəcəkdir:

$$\begin{aligned} dm_p/dt &= -K_{fp}m_p + K_{pf}m_f - K_{zp}m_p + m_0 \\ dm_f/dt &= K_{fp}m_p + K_{pf}m_f - K_{cf}m_f \end{aligned}$$

bu model əsasən əvvəlki ilə eyni mənfi cəhətlərə malikdir.

Bir fazalı flotasiya modeli ən geniş yayılmış sadələşdirilmiş modeldir, onun öyrənilməsinə çoxlu sayda eksperimental tədqiqatlara həsr edilmişdir. Bu zaman, tənliyə olduğu kimi, pulpada yalnız sərbəst hissəciklərin bir vəziyyətində olan hissəciklər nəzərə alınır. x_0 hər iki tərəfini bölərək $x/x_0 = \varepsilon$ olduğunu nəzərə alsaq:

$$d\varepsilon/dt = z\varphi_{s\bar{m}}N(1 - \varepsilon)$$

Əgər üzən mineralın xassələri və flotasiya şəraiti sabitdirsə

$$(\varphi_{s\bar{m}} = \text{const}, N = \text{const})$$

$$d\varepsilon/dt = k(1 - \varepsilon)$$

Flotasiya sürəti flotasiya olunan materialın kütləsi ilə birbaşa mütənasib olmalıdır (1-e) və flotasiya prosesinin bütün əsas mərhələlərini əks etdirən vahid vaxtda k flotasiya ehtimalı ilə xarakterizə olunmalıdır.

tənliyi inteqral edərək, Beloqlazov tənliyi kimi tanınan tənliyi əldə edirik.

$$\varepsilon = 1 - \exp(-kt)$$

Faydalı komponentin bir hissəsi tullantı süxurları ilə sıx əlaqəlidirsə (məsələn, izomorf çirk, incə daxilolmalar şəklində) və ya bərpa olunmayan minerallarda aşkar

edilərsə, maksimum bərpa 100%-dən az olacaqdır ($\varepsilon_p < 1$) Bu halda bu tənliyin formasını alır.

$$d\varepsilon/dt=k(\varepsilon_p - \varepsilon)$$

İnteqrasiyadan sonra əldə edirik.

$$\varepsilon = \varepsilon_p[1-\exp(-kt)]$$

Flotasiya sürəti tənliklə daha tez-tez təsvir olunur.

$$d\varepsilon/dt=k(1 - \varepsilon)^n=(1 - \varepsilon)k(1 - \varepsilon)^{n-1}$$

burada n eksponenti 1-dən 6-a qədər dəyişir .

$$\varepsilon = \int_0^{\approx} [1 - \exp(-kt)]f(k)dk$$

Müxtəlif hissəciklərin kamerada müxtəlif qalma müddətini də nəzərə alsaq, o zaman

$$\varepsilon = \int_0^{\approx} [1 - \exp(-kt)]f(k)E(t)dk dt$$

burada E(t) hissəciklərin kamerada qalma müddəti ərzində materialın paylanması funksiyasıdır.

Digər heterogenlik növləri nəzərə alınmaqla modellər təklif olunur.

Flotasiya kinetikasi modellərinin inkişafı kameraların ölçüsünün, axın sürətlərinin, pulpa qarışdırma şəraitinin və digər amillərin təsirini nəzərə almaq cəhdləri ilə əlaqələndirilir.

Kütlə ötürmə nəzəriyyəsi metodlarının tətbiqi kosmosda qarışdırmağı proses modelinə daxil etməyə imkan verir.

Məsələn, bütün hissəciklər xüsusiyyətlərinə görə homogendirsə, aparatın hidrodinamikası dəyişməzsə, hissəciklərin sərbəst flotasiya şərtləri müşahidə olunur, konsentratın çıxışı əhəmiyyətsizdir və pulpa həcmi sabit hesab edilə bilərsə, tənlik belə görünür.

$$\partial C / \partial t = -v \partial C / \partial x + D_x \partial^2 C / \partial x^2 - KC$$

burada K flotasiya sürətinin sabitidir.

Daha mürəkkəb hallarda tənlik də mürəkkəbləşir və ya oxşar tənliklər sistemi ilə əvəz olunur.

İndiyə qədər təklif olunan modellər üzrə flotasiya prosesinin təsviri dərəcəsi kifayət deyil; flotasiyanın nəticələrini lazımi dəqiqliklə proqnozlaşdırmağa imkan vermirlər. Hələlik modellərin parametrləri yalnız eksperimental olaraq müəyyən edilə bilər.

FƏSİL II. FLOTASIYA REAGENTLƏRİ VƏ ONLARIN TƏSİR MEXANİZMİNİN ARAŞDIRILMASI

2.1. Flotasiya reagentlərinin ümumi xarakteristikaları

Flotasiya prosesinə nəzarət etmək üçün müxtəlif mineralların selektiv flotasiyasını təmin edən, həmçinin güclü hava qabarcıqlarının əmələ gəlməsinə və flotasiya edilən mineralların üzə çıxmasına kömək edən flotasiya reagentlərindən istifadə edilir. Hal-hazırda istifadə olunan flotasiya reagentləri çox müxtəlifdir. Onlar müxtəlif tərkibli qeyri-üzvi və üzvi birləşmələr (qələvilər, turşular, duzlar, neft-kimya məhsulları, ağac emalı məhsulları, kömür və s.) olaraq təqdim ediləblər. Hərçünə yüklənən reagentlər onun daxilində ionlar, molekullar və ya çöküntü kimi qala bilər.

Standart sərbəst əmələ gəlmə enerjisi ilə tarazlıq sabiti arası asılılıq aşağıdakı kimidir:

$$\Delta F_{reaksiya}^0 = \sum (\Delta F_{sonuncu}^0 - \Delta F_{ilkin}^0) = -RT \ln K = -1,364 \lg K$$

Standart sərbəst əmələ gəlmə enerjisi ilə standart elektrod potensialı arası asılılıq aşağıdakı kimidir:

$$\Delta F_{reaksiya}^0 = E^0 nF = 23,06 nE^0$$

Reaksiyanın ölçülmüş potensialı, standart potensial və reaksiyanın sabiti arası asılılıq aşağıdakı kimidir:

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[D]^d [C]^c}{[A]^a [B]^b} = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[D]^d [C]^c}{[A]^a [B]^b}$$

Burada, K-tarazlıq sabiti; [A], [B], [C], [D] – reaksiyanın A, B, C, D məhsullarının konsentrasiyası; a,b,c,d – stexiometrik əmsallar; ΔF^0 - Standart sərbəst əmələ gəlmə enerjisi; R-qaz sabiti; T – mütləq temperatur; E^0 - standart elektrod potensialı; n – elektronların sayı; F-Faradey rəqəmi; E – reaksiyanın potensialı. Belə

ki, pulpaya kalium sianidin, natrium oleatın və başqa analoji güclü əsasların və zəif turşuların duzların verilməsi zamanı aşağıdakı tarazlıq baş verir:



Burada, HAn – zəif dissosiasiya olunan sinil və olein turşuları; H^+ - hidrogen ionu; An^- - sianid və ya oleat ionudur.

Tənliyin tarazlıq sabiti K_1 :

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{An}^-]}{[\text{HAn}]}$$

Məhlulda ion və molekulyar komponentlərinin ümumi konsentrasiyası C_0 onların konsentrasiyalarının cəminə bərabərdir:

$$C_0 = [\text{HAn}] + [\text{An}^-] = \frac{[\text{H}^+][\text{An}^-]}{K_1} + [\text{An}^-] = [\text{An}^-] \left(\frac{[\text{H}^+] + K_1}{K_1} \right)$$

$$[\text{An}^-] = \frac{C_0 K_1}{[\text{H}^+] + K_1}$$

$$[\text{HAn}] = \frac{[\text{H}^+]}{K_1} [\text{An}^-] = \frac{C_0 [\text{H}^+]}{[\text{H}^+] + K_1}$$

Məhlulun pH dəyərinin dəyişməsi zamanı qüyri-üzvi modifikator-reagentlərinin qiymətlərini $[\text{An}^-]$ və $[\text{HAn}]$ diaqrammalar şəklində təqdim etmək olar.

2.2. Flotasiya reagentlərinin təsnifatı

Flotasiya reagentləri üç böyük qrupa bölünür: yığıcılar, tənzimləyicilər (modifikatorlar), köpükəmələgətiricilər.

Reagentlər-yığıcılar (kollektorlar), bir qayda olaraq, heteropolyar quruluşa malik olan üzvi birləşmələrdir, mineralların səthinə yapışaraq, onların su ilə islanmasını azaldır, yəni hidrofoblaşır və bununla da mineral hissəciklərin hava qabarcıqlarına yapışmasını təmin edir. Yığıcı reagentlər seçici olmalıdır, yəni prosesdə köpük məhsuluna çıxarılması lazım olan minerallara seçici şəkildə bağlanmalıdır. Reagentlər-tənzimləyicilər və ya dəyişdiricilər, mineralların flotasiya (üzüb səthə

çixma) qabiliyyətini dəyişə bilən, yığıcıların mineral hissəciklərə təsirini tənzimləyən, yəni bəzi mineralların flotasiya qabiliyyətini yaxşılaşdıran və digərlərinin flotasiya qabiliyyətini zəiflədən qeyri-üzvi və üzvi birləşmələrdir. Flotasiya zamanı reagent-tənzimləyicilərin fəaliyyəti çox mürəkkəb və müxtəlifdir. Bəzi tənzimləyicilər mineralların səthinə təsir göstərə, kimyəvi tərkibini dəyişdirə, yığıcının mineralın səthi ilə qarşılıqlı təsirini zəiflədə və ya gücləndirə bilər. Digərləri, yığıcını mineralın səthindən kənarlaşdırma və ona bərkidmə, onların flotasiyasına mane ola bilər. Digərləri yığıcı ilə qarşılıqlı əlaqədə ola bilər, nəticədə yığıcının çökməsinə, zəifləməsinə və ya işini dayandırmasına səbəb ola bilər. Tənzimləyicilər reagentlərin minerallarla qarşılıqlı əlaqədə olduğu mühitin xassələrini dəyişdirə və bununla da flotasiyaya təsir göstərə bilər. Flotasiya zamanı tənzimləyicilərin həyata keçirdiyi funksiyasından asılı olaraq, onlar adətən aktivləşdiricilər, depressorlar və tənzimləyicilərə bölünürlər. Mineral səthində bərkidilən aktivatorlar yığıcının adsorbsiyasına və hidrofobizasiyaya səbəb olur və mineralların flotasiya qabiliyyətini yaxşılaşdırır. Depressorlar, əksinə, yığıcıların adsorbsiyasının qarşısını alır, səthi hidrofillaşdırır, mineralların flotasiya qabiliyyətini azaldır. Ətraf mühitin tənzimləyiciləri flotasiya horrasında bəziləri üçün əlverişli, digər faydalı qazıntıların flotasiyası üçün isə əlverişsiz şərait yaradır. Onlar, horranın pH-nı, istifadə olunan yığıcı-reagentlərin, maye fazasında həll olunan duzların kimyəvi tərkibini, mineralların səthinin fiziki-kimyəvi xassələrini dəyişdirirlər. Flotasiya reagentlərinin belə təsnifatı şərtidir, çünki eyni reagent eyni vaxtda bir neçə funksiyanı yerinə yetirə bilər və ya konkret hallarda fərqli rol oynayır. Belə ki, bəzi yığıcılar köpükləndirici xüsusiyyətlərinə malikdir (məsələn, olein turşusu). Natrium sulfid, oksidlənmiş əlvan metallar minerallarının aktivatorudur. Köpükləndiricilər sabit köpük yaratmaq üçün flotasiya horrasına əlavə edilən səthi aktiv maddələrdir.

2.3. Fazaların ayrılma sərhəddində reagentlərin adsorbsiyası

Adsorbsiya fazaların ayırma səthində maddənin konsentrasiyasının çoxalması və ya azalmasıdır. Adsorbsiya prosesi termodinamikanın ikinci qanununa əsasən həmişə sistemin sərbəst enerjisinin azalması tərəfində keçir.

Müxtəlif molekulyar xassələrə malik maddələrin fazalarının ayırma səthində adsorbsiya təmasda olan fazaların qütblərindəki fərqi dəyişməsinə və nəticədə onların ayırma səthində səth enerjisinin dəyişməsinə səbəb olur.

Maye-qaz fazaların ayırma səthində adsorbsiya Gibbs, Lanqmur və Şişkovskinin bir-biri ilə əlaqəli tənlikləri ilə təsvir edilmişdir.

Gibbs tənliyi G adsorbsiya dəyəri ilə məhlulun səth enerjisinin dəyişməsi arasındakı əlaqəni xarakterizə edir.

$$\Gamma = -\frac{C}{RT} \left(\frac{\partial \sigma}{\partial C} \right)_{ST}$$

C – həll olunmuş maddənin konsentrasiyası; R – qaz sabiti; $\frac{\partial \sigma}{\partial C}$ - konsentrasiyaya görə səth enerjisinin qismən törəməsi (səthi aktivlik).

Səthi enerjini çox azaldan maddələr səthi-aktiv adlandırılır ($\frac{\partial \sigma}{\partial C} < 0$). Bu maddələrə spirtlər, aldehidlər, ketonlar, karbon turşuları və başqa birləşmələr aiddir.

Səthi enerjiyə az təsir edən maddələr səthi-qeyri-aktiv adlandırılır ($\frac{\partial \sigma}{\partial C} > 0$). Onlara elektrolitlər, şəkər və s. aiddir.

Adsorbsiyanın kəmiyyətini müəyyən etmək üçün Lanqmurun tənliyi istifadə olunur:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \gamma C / (\gamma C + 1)$$

Γ_{∞} - doymuş səth təbəqəsi zamanı adsorbsiya edilmiş maddənin miqdarı; γ - reagentin molekullarının və ya ionlarının səthdə orta qalma müddətini xarakterizə edən əmsal, ədədi olaraq tarazlıq məhlulunun seyreltilməsinə bərabərdir, bu zaman $\Gamma = 0,5 \Gamma_{\infty} \cdot C$ – tarazlıq vəziyyətində səthi-aktiv maddənin konsentrasiyası.

Məhlulun səth enerjisi ilə məhlulun konsentrasiyası arasında əlaqə Şişkovski tənliyindən istifadə etməklə müəyyən edilə bilər.

$$\sigma - \sigma_0 = -b \ln(1 + aC)$$

Burada σ və σ_0 – C konsentrasiyalı və təmiz məhlulun səthi enerjisi; a və b – daimilər.

2.4. Yığıcılar və onların təsir mexanizmi

Yığıcı reagentlərin əksəriyyəti qütb və apolyar qruplardan ibarət heteropolyar molekul quruluşuna malikdir. Molekulun qütb qrupu su ilə qarşılıqlı əlaqə qura bilər. Karbohidrogen radikalı olan apolyar qrup su dipolları ilə qarşılıqlı təsir göstərmir və hidrofobdur. Müxtəlif növ filizlərin flotasiyası üçün müxtəlif yığıcılardan istifadə olunur ki, onları su mühitində ionlara parçalanma qabiliyyətinə və mineralın səthini hidrofoblaşdıran ion növünə görə təsnif etmək olar. Reagent-yığıcılar adsorbsiya yolu ilə mineralların səthinə bərkidilir. Fiziki və kimyəvi adsorbsiya və ya hemosorbsiya mövcuddur. Fiziki adsorbsiyada adsorbsiya olunan molekul və mineral iki müstəqil sistem kimi qəbul edilə bilər. Qeyri-ion yığıcılar adətən molekulyar formada adsorbsiya edilir. Molekulyar adsorbsiya fiziki adsorbsiyadır. Ksantohenatın sulfid minerallarının səthi ilə qarşılıqlı təsiri mineralın kristal qəfəsinin kationu ilə güclü kimyəvi bağın əmələ gəlməsi ilə ksantohenat anionunun kimyəvi adsorbsiyasına, yəni metal ksantohenatın əmələ gəlməsinə görə baş verir.

Sulfid mineralları yarımkeçirici xüsusiyyətlərə malik birləşmələrdir. Bu mineralların təzə açılmış səthi n-tipli elektron keçiriciliyə malikdir. Buna görə də, məsələn, təzə hazırlanmış qalenit hidrofobikdir. Sulfid minerallarının səthində hidrofobik təbəqənin əmələ gəlməsi ksantohenat ionunun adsorbsiyası ilə məhdudlaşır. Sulfid minerallarının hidrofobizasiyası və nəticədə flotasiyası üçün zəruri şərt onların səthində metal ksantohenatların və diksantogenidlərin eyni vaxtda olmasıdır. Bu iki forma arasındakı nisbət hidrogen ionlarının konsentrasiyası (pH) və yığıcının konsentrasiyası ilə müəyyən edilir. Oksihidril yığıcılarının qeyri-sulfid mineralların səthində bərkidilməsi səthin vəziyyətindən, reagentlərin strukturundan və bu reagentlərin istifadə olunduğu şəraitdən asılıdır.

2.5. Apolyar yığıcılar

Apolyar reagentlərin molekullarında solidofilik qrup yoxdur və buna görə də mineralların səthində kimyəvi bərkidilə bilmirlər. Onlar əsasən neft mənşəli

karbohidrogen mayeləri ilə təqdim edirlər. Onların mineral səthdə fiksasiyası yalnız reagentin karbohidrogen zəncirləri ilə mineralın səthi arasında dispersiv molekullarası qüvvələrin əmələ gəlməsi ilə selektiv nəmlənmə mexanizmi ilə baş verə bilər.

Apolyar yığıcıların səthi molekulları ilə neytral və əmələ gəlməyən kimyəvi bağların adsorbsiyası nə qədər çox olarsa, yük, yəni səthin qütblüyü, bir o qədər az olar. Belə molekulların adsorbsiya maksimumu sıfır səth yükünün sahəsi ilə üst-üstə düşür. Buna görə də, hazırda apolyar reagentlərdən müstəqil yığıcılar kimi yalnız təbii hidrofobikliyə malik mineralların, məsələn, kükürd, qrafit, kömür, molibdenit, talk və s. flotasiyasında istifadə olunur.

Emulsiya edilmiş yağ damcıları, hava qabarcıqları ilə toqquşduqda tam səthinə yayılır, çünki bu, sistemin sərbəst enerji səthinin təxminən $5-10 \text{ mJ} \times \text{m}^{-2}$ azalması ilə müşayiət olunur.

Apolyar yığıcı horraya kifayət qədər yükləndikdə, neft damcıları həm də təbii hidrofobik və ya hidrofoblaşdırılmış incə hissəciklərin bir-biri ilə və eyni mineralın daha böyük hissəcikləri ilə selektiv flokulyasiya mərkəzlərinə çevrilir. Yaranan aqreqatlar ayrı-ayrı incə hissəciklərə nisbətən daha yüksək flotasiya sürətinə malikdir, çünki onların toqquşması və qabarcıqlarda bərkidilmə ehtimalı, yığılmamış incə hissəciklərin toqquşma ehtimalından daha yüksəkdir.

2.6. Kation yığıcılar

Kation yığıcılarında aminlər və amin duzları, ammonium birləşmələrinin üzvi analoqları, kükürd, fosforun ammonium birləşmələrində azot atomunu əvəz etdiyi üzvi sulfonium, arsonium və fosfonium birləşmələri, habelə ionlaşdıqda radikal və karbohidrogenlər əmələ gələn digər kollektorlar daxildir.

Kation yığıcılardan yalnız ammonium birləşmələrinin üzvi törəmələri hazırda ən böyük praktik dəyərə malikdir. Bunlardan hidratlar, ilkin aminlərin xlorid turşusu və sirkə turşusu duzları və dördüncü ammonium duzları ən çox yayılmışdır.

Kation yığıcılarını kvars, feldispat, slyuda, fosfat, sulfidləri asanlıqla flotasiya edir. Kation yığıcılarını ilə flotasiya olunan mineralların üzümə qabiliyyəti cərgəsi

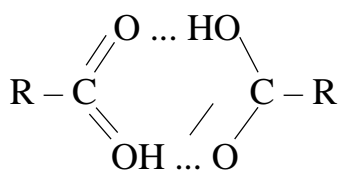
adətən karboksilik turşular növündən olan anion yığıcılarını ilə flotasiya edilməsi cərgəsinə əksdir.

Sistemin enerjini azaltma meyli adsorbsiya edilmiş ionlardan və ya amin molekullarından daha yüksək keçiriciliyə malik olan su molekullarının ikiqat elektrik təbəqəsinə çəkilməsinə səbəb olur. Eyni zamanda, adsorbsiya edilmiş böyük ionların və ya amin molekullarının yerdəyişməsi (desorbsiya) ikiqat təbəqənin effektiv qalınlığını azaltmalıdır ki, bu da kondensatorun enerjisinin azalmasına səbəb olur. Nə qədər ki, qütbləşmə kiçikdir, su molekullarının elektrostatik cazibə qüvvələri səthdə üstündür. Daha yüksək polarizasiyada üzvi ionların və molekulların desorbsiyası baş verir. Hər hansı bərk cismin səthi enerji baxımından qeyri-bərabərdir. Hər birində müxtəlif adsorbsiya işi olan elementar sahələr silsiləsi hesab edilə bilər. Buna görə də, amin adsorbsiyasının və desorbsiyasının çox kəskin olmayan sərhədi müşahidə olunur

2.7. Oksihidril yığıcılar

Oksihidril yığıcılarını nadir metal və kimyəvi xammalın flotasiya ilə zənginləşdirilməsində geniş istifadə olunur. Bunlardan karbon, kükürd, fosfor və hidroksamik turşuların üzvi törəmələri ən çox öyrənilmiş və geniş istifadə edilmişdir.

Yağlı turşular məhlullarda qismən dimer molekulları əmələ gətirir:

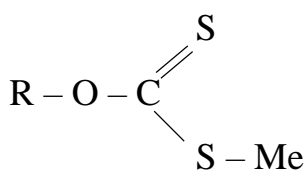


Məhlullarda olan yağlı turşular dipol molekullarının qütblü qruplarının qarşılıqlı təsiri nəticəsində qismən dimerik molekullar əmələ gətirir. Karboksilik turşuların və onların sabunlarının məhluldakı vəziyyəti pulpanın pH-dan asılıdır. Kation yığıcılardan fərqli olaraq, turşulu və neytral mühitdə onlar ion deyil, əsasən molekulyar forma ilə təqdim olunurlar. Yağ turşularının molekulyar formada həllolma qabiliyyəti çox aşağı olduğundan, turşu pulpalarında reagentin əsas miqdarı həll olunmamış formada olur və emulsiya əmələ gətirir. Anionların yüksək

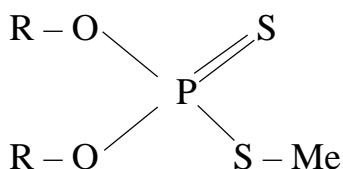
konsentrasiyası yalnız qələvi pulpalarda əldə edilə bilər. Bununla belə, KMK – kritik misel konsentrasiyasını (oleat üçün 10^{-3} mol/l-ə bərabər) aşı bilməz, onun artıqlığı ion və sonra molekulyar misellər şəklində artıq yığıcının çökməsinə səbəb olur. Pulpada yığıcının dispersiya dərəcəsinin artması əsasən aşağıdakı kimi əldə edilir: yığıcı molekulunda ikiqat əlaqələrin sayının artması səbəbindən hidroliz dərəcəsinin azalması və KMK-nin artması; yağ turşusu emulsiyasını oksigen və ya hava ilə təmizləmək, orada hidroperoksid qrupu yaratmaq; karbohidrogen zəncirinin kifayət qədər uzunluqda budaqlanması səbəbindən yığıcının həll qabiliyyətinin artması; zəif qələvi və ya qələvi mühitdə pulpa pH-nin artması və əksər mineralların flotasiyası; yağ turşularının ilkin sabunlaşması, xüsusən də pulpa aşağı qələviliyə malik olduğu hallarda; kerosin və ya spirt kimi üzvi həlledicilərin istifadəsi; alkil sulfatlar, sulfonol, poliqlikol efirləri və digər birləşmələr kimi stabilləşdirici əlavələrin iştirakı ilə emulsifikasiya.

2.8. Sulfhidril yığıclar

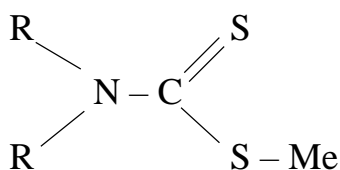
Əsas sulfhidril yığıclarla aşağıdakılar aiddir: ksantogenatlar, ditiofosfatlar, ditiokarbonatlar, merkaptanlar və tifenollar.



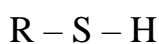
ksantogenat;



ditiofosfat;



ditiokarbonat;

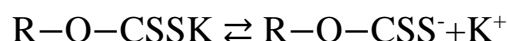


merkaptan və tifenol.

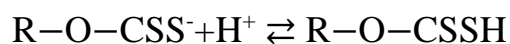
Qələvi metalların ksantogenatları təcrübə üçün daha əhəmiyyətlidir. Onlar ağır metalların sulfidlərinə nisbətən daha çox dayanıqlı, yaxşı həllolunandırlar və yığılıq qabiliyyətinə malikdirlər.

Ksantogenatların həllolma qabiliyyətinin azalması mineralın flotasiyasıdır, buna görə də ksantogenatın flotasiya cərgəsi ksantogenatın məsaməliliyinin əksidir:

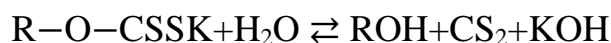
Ksantogenatlar ksantogen turşuların duzlarıdır, onların dissosiasiya sabiti təxminən $3 \cdot 10^{-2}$ -dir. Neytral və qələvi mühitlərdə onlar tamamilə öz tərkib ionlarına ayrılırlar.



Aşağı turşulu mühitdə (pH 4-7) ksantogenatlar hidrolizə olunur.



və pH<4-də ksantogenatların istehsalında ilkin maddələrin əmələ gəlməsi ilə parçalanmağa başlayırlar: spirt, karbon disulfid və qələvi.



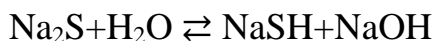
Ksantogenatların parçalanma məhsulları toplayıcı xüsusiyyətlərə malik deyildir, ona görə də flotasiyanı qələvi mühitdə aparmaq məqsədəuyğundur. Bir az turşulu mühitdə flotasiya edildikdə, ksantogenat ən yaxşı şəkildə ayrı-ayrı hissələrdə verilir. Çox turşulu pulpalarda ksantogenatlar təsirli deyil.

2.9. Aktivləşdiricilər və onların təsir mexanizmi

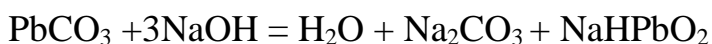
Aktivator-reagentlər flotasiya prosesində mineralların səthlərinin aktivləşdirilməsi üçün istifadə edilir. Nəticədə, səthin üzrəndə yığıcının bərkidilməsi və mineralların flotasiyası mümkün olur. Aktivatorlar, minerallar depressorun təsirinə düşdüyü və ya mineralların öz flotasiya qabiliyyəti aşağı olduğu zamanı istifadə edilir. Ağır metalların bəzi oksidləşmiş minerallarının natrium sulfid ilə aktivləşdirilməsi kimyəvi mübadilə reaksiyasıdır. Bu reaksiya zamanı oksidləşmiş

mineralların səthindən SO_4^{2-} və ya CO_3^{2-} ionları S^{2-} ionu vasitəsilə çıxarılır. Buna görə belə aktivləşdirmə prosesi sulfidləşdirmə adlandırılır. Sulfidləşdirmə, natrium sulfidin hidrolizi və dissosiasiyası nəticəsində əmələ gələn S^{2-} və HS^- ionlarının iştirakı ilə həyata keçir.

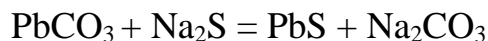
Natrium sulfid suda həll olunduqda hidrolizə məruz qalır:



Sonra oksidləşmiş mineralın səthi hidroliz məhsulu ilə reaksiyaya girir:



Və ya cəm olaraq



Sulfat turşusu - yüksək əhəng sərfi ilə depressorun təsirinə uğramış pirit üçün tipik bir aktivatordur.

Mis kuporosu $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ - ən geniş yayılmış aktivatorlardan biridir.

Fabriklərdə tərkibində $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 85%-dən az olmayaraq mis kuporosu tətbiq edilir və 5-10%-lik su həlli kimi prosesə verilir. Onun sərfiyyatı adətən 200-500 q/t təşkil edir. Mis kuporosu, həmçinin yağturşulu yığıcılar ilə flotasiya zamanı boş süxurun minerallarını aktivləşdirir.

Dəmir duzları yalnız qiymətli mineralların deyil, həmçinin boş süxur minerallarının (məsələn, kvars, turmalin və s.) aktivatorlarıdır.

Flüorit turşusu sahə şpatının və berilin aktivləşdirilməsi, və həmçinin kvarsın, slyudanın və hematitin depressora uğraması üçün istifadə edilir.

2.10. Depressorlar və onların təsir mexanizmi

Reagent-tənzimləyicilər mineralların səthində yığıcıların hərəkətini tənzimləməklə onların flotasiya qabiliyyətini dəyişdirmək üçün istifadə olunur. Reagent-tənzimləyicilər depressorlar, aktivatorlar və mühit reagentlərinə bölünür.

Hazırda istifadə olunan depressor-reagentlər qeyri-üzvi birləşmələr – turşular, qələvilər və onların duzlarıdır.

Depressor təsirinin mexanizmi mineralın səthində fərqli ola bilər:

Depressor mineralın səthində çətin həll olunan kimyəvi birləşmə əmələ gətirə bilər. Nəticədə səth, yığıcının adsorbsiyasının qarşısını alan hidrofil qaysaq (plyonka) ilə örtülür.

Mineralın səthindən əvvələr adsorbsiya olunmuş yığıcının ionları çıxarıla bilər.

Depressorlar aktivator-reagentlərinin ionlarını, onların aktivləşdirməsinin qarşısını alaraq, həm horranın həcmində, həm də mineralın səthində birləşdirə bilər.

Dördüncüsü, depressor horrada yığıcı ilə birlikdə çətin həll olunan birləşmə əmələ gətirə bilər. Nəticədə, bu yığıcının yığıma qabiliyyəti itəcək.

Depressorlar seçici olaraq təsir göstərməlidirlər, yəni yalnız verilən texnoloji prosesdə flotasiya edilməməli mineralların flotasiya xüsusiyyətlərini azaltmalıdırlar.

Depressorların minerallar ilə qarşılıqlı təsiri zamanı onların təmas müddətini və horranın temperaturunu nəzərə almaq lazımdır. Təmas müddəti və horranın temperaturu horrada və mineralların səthində reaksiyanın sürətinə təsir edir. Yığıcılar və köpükləndiricilər ilə təmas müddəti 1-5 dəqiqə olduqda, depressorlar üçün bu müddət 5-10 dəqiqə təşkil edir.

Metalların filizlərinin flotaiyası zamanı sianlı duzlar, sinkli kuporos, natrium sulfid, xrom duzları, natrium sulfid və tiosulfat, maye şüşə, qələvilər və s. kimi depressorlar geniş olaraq istifadə edilir.

2.11. Mühit tənzimləyiciləri və onların təsir mexanizmi

Mühit tənzimləyiciləri, mineralların flotasiyası baş verdiyi mühitin qələvililiyinin dəyişdirilməsi üçün tətbiq edilir.

Mühitin turşuluq və qələvilik xüsusiyyətləri pH parametri ilə və ya hidrogenin ionlarının konsentrasiyası ilə müəyyənləşdirilir.

Optimal texnoloji göstəricilərin əldə edilməsi üçün hidrogenin ionlarının verilən qiymətini ciddi şəkildə saxlamaq lazımdır. Hər hansı mineralın flotasiyası müəyyən pH qiymətində baş verir.

Hidrogen ionlarının flotasiya prosesinə təsiri aşağıdakı kimidir:

Horrada əsasən flotasiya prosesinə təsir göstərən ağır metalların ionları var. Bu ionlar horradan hidrokسيد kimi çıxarıla bilər, çünki onlar OH⁻ ionları ilə çətin həll olunan çöküntü əmələ gətirir. Məsələn, $Fe^{3+} + 3OH^- \rightleftharpoons Fe(OH)_3$.

Hidrogen ionları hidrat təbəqələrinə təsir göstərə bilər, nəticədə mineralın səthinin hidratasiya dərəcəsini, yəni onun flotasiya qabiliyyətini dəyişdirə bilər. pH qiymətini dəyişdirərək reagentlərin dissosiasiya prosesini tənzimləmək olar. Bu yalnız yığıcılara deyil, həmçinin tənzimləyicilərə aiddir. Məsələn, sianidin depressor təsiri [H⁺] konsentrasiyasından asılıdır, çünki CN⁻ ionlarının konsentrasiyası pH ilə müəyyənləşdirilir. pH qiyməti nə qədər yüksək olsa, CN⁻ ionları o qədər də çoxdur.

pH qiymətindən həmçinin horrada dissosiasiya olunan natrium sulfidin vəziyyəti asılıdır. Məhlulda pH qiymətindən asılı olaraq üç formadan (H₂S, HS⁻ və ya S²⁻) biri üstünlük təşkil edir.

Sulfid minerallarının sulfhidril yığıcılar ilə flotasiyası zamanı pH hədd qiyməti yer alır. Bu qiyməti keçdikdə yığıcının müəyyən konsentrasiyası zamanı mineral artıq flotasiya edilə bilmir. Məsələn, etil ksantohenatın (25 ml/l) iştirakı ilə pH-ın hədd qiyməti pirrotin üçün 6, pirit üçün 10,5, aktivləşdirilmiş sfalerit üçün isə 13,3 təşkil edir.

pH qiymətini tənzimləyərək yığıcılarının və tənzimləyicilərin müxtəli formalarının konsentrasiyasını saxlamaq olar. Bununla da flotasiya prosesinin selektivliyini (seçmə qabiliyyətini) tənzimləmək olar.

pH qiymətinin dəyişdirilməsi zamanı yalnız flotasiya reagentlərinin deyil, həmçinin mineralların həll olunma qabiliyyəti dəyişir.

Horranın qələviliyinin tənzimlənməsi üçün qələvilər, turşular, və həmçinin hidroliz nəticəsində hidrogen konsentrasiyasını dəyişdirən birləşmələr tətbiq edilir (kalsiumlaşdırılmış su, natrium sulfid).

Bir çox depressorlar və aktivatorlar eyni zamanda mühitin tənzimləyiciləridir. Bu reagentlərə ilk növbədə natrium sulfid, sianlı natrium, maye şüşə, silisium-ftorlu natrium, dəmir kuporosu və s. aiddir. Horrannın qələviliyinin dəyişdirilməsi həmçinin flotasiya edilən filizin mineral tərkibinə görə ola bilər. Oksidləşdirilmiş filizlər adətən

turş mühit yaradır, lakin filizdə qələvi-torpaq metallarının karbonatları olduqda, məsələn CaCO_3 , horranın reaksiyası qələvi olacaq.

2.12. Köpükəmələgətiricilər və onların təsir mexanizmi

Köpükləndiricilər qaz-mayə sərhədində adsorbsiya edilərək hava qabarcıqlarını ayrılmış vəziyyətdə saxlayaraq, onların dayanıqlığını artırır. Bu flotasiya edilən mineralların hissəciklərinin hava qabarcıqlarına yapışmasını yaxşılaşdırır və flotasiya köpüyünün dayanıqlığını artırır. Qiymətli mineralın konsentrata çıxarılması köpüyün xüsusiyyətlərindən və dayanıqlığından asılıdır.

Köpükləndirici horranın səthinə faydalı mineralları çıxara bilən çoxlu sayda xırda köpükləri təmin etməlidir. Eyni zamanda o, elə bir mineralaşdırılmış köpük yaratmalıdır ki, hansı ki, flotasiya maşınından çıxdığı zaman dağılır və mineral hissəcikləri hava qabarcıqlarından azad edə bilər. Köpükləndiricilərin yağcı xüsusiyyətləri olmamalıdır, çünki bu flotasiya prosesinin seçmə qabiliyyətinin tənzimlənməsini çətinləşdirəcək.

Səthi gərginliyi $72,8 \text{ erg/sm}^2$ olan təmiz suya hava üfürülsə hava qabarcıqları yuxarıya qalxaraq dərhal partlayırlar və köpük əmələ gəlmir. Lakin suya səthi aktiv maddələr əlavə olunsa, o, su-hava sərhədində adsorbsiya olunaraq səthi gərginliyi azaldacaq və nəticədə qabarcığın partlamaya müqaviməti artacaq.

Köpükləndiricilər – hava-su sərhədində adsorbsiya olunan qrup havaya, qütbü qrup-suya yönəlir) heteropolyar səthi-aktiv maddələrdir. Belə adsorbsiya hava qabarcıqlarının birləşməsinə mane olur və onların uzun müddət ayrılmış vəziyyətdə qalmasına imkan verir.

Qütb qrupunun tərkibindən asılı olaraq köpükləndiricilər turş, neytral və əsas olurlar. Turş köpükləndiricilərə spirtli və krezil aeroflot, fenol, alkilarilsulfonat və s. aiddir. Neytral köpükləndiricilər – terpineol, çam ağacı yağı, karbohidrat radikalının uzunluğu $6\div 8$ atom olan spirtli köpükləndiricilər. Əsas köpükləndiricilərə xarici fabriklərdə nadir istifadə olunan ağır piridini aid etmək olar. Detergent – alkilarilsulfonatların və az miqdarda qatran və müxtəlif kationların sulfat duzlarının

qatışıqından ibarət olan texniki məhsuldur. Onu turş qudrunun neytrallaşdırılması nəticəsində əldə edirlər. Detergentin köpükləndirici xüsusiyyətləri mühitin pH quymətindən və tətbiq edilən tənzimləyicilərdən asılıdır. Onun daha effektiv təsiri soda mühitində olur. O, halkopiritə, sfaleritə, qalenitə və pirrotinə qarşı çox zəif yığıcı xüsusiyyətlərə malikdir. Detergent polimetalik filizlərin flotasiyası zamanı tətbiq edilə bilər. Neytral köpükləndiricilərə terpineol, alifatik spirtlər, siklogeksanol və efir əlaqələri ilə birləşmələr aiddir. Terpineol $C_{10}H_{17}OH$ skipidarlardan əldə edilir. Təcrübədə tərkibində 40÷90% terpineol olan flotasiya yağı istifadə edilir. Şam ağacı yağı – şam ağacının quru distillə edilməsi nəticəsində əmələ gələn məhsuldur. Şam ağaclarının odunacağı əzilir və buxarla emal olunur. Əldə edilmiş skipidar xammalı $170^{\circ}C$ temperaturda fraksional sublimasiyaya məruz qalır və nəticədə şam ağacı yağı əldə edilir. Bu cür şam ağacı yağının tərkibində 50%-dən az olmayaraq terpen spirti var. Yağ şəffaf, sarı rəngli və skipidar qoxulu olmalıdır. Bu yağın çatışmazlığı onun tərkibinin dəyişkən olmasıdır. Flotasiya zamanı şam ağacı yağının sərfiyyatı 25-100 q/t təşkil edir. Spirtli köpükləndiricilər – ümumi düsturu R-OH (R – 6÷8 karbon atomu olan karbohidrogen radikalı) olan alifatik spirtlərdir. Onlar arasında İM-68 və siklogeksanolu qeyd etmək lazımdır. Efir əlaqələri olan köpükləndiricilər aşağıdakılardır: propilen oksidi butil spirti (POBS), propilen oksidi metil spirti (POMS), E-1, dimetilftalat (D-3) və T-66. E-1 köpükləndiricisi POBS-a analojidir və monobutil efirlərinin qarışığından ibarətdir. Onun hazırlanması üçün propilen oksidi əvəzinə etilen oksidi istifadə edilir. E-1 suda yaxşı həll olunur, POBS köpükləndiricisini əvəz edə bilər, lakin flotasiya xüsusiyyətlərinə görə ondan zəifdir və daha çox sərfiyyat tələb edir. Sink və antimonit (sürmə) filizlərinin flotasiyası zamanı istifadə edilir. Dimetilftalat (D-3) - metil spirti və ortoftalik turşusunun mürəkkəb efiridir. Üzvi mayelərdə (spirtlər, karbohidrogenlər) yaxşı, suda isə pis həll olunur. Rəngli metalların və bəzi qeyri-sulfid metalların flotasiyası zamanı istifadə oluna bilər. T-66 köpükləndiricisi - izobutilen və formalinnən hazırlanan dimetildioksanın istehsalı zamanı yan təsirin məhsuludur. Onun tərkibinə biratomlu spirtlər, həmçinin qlikollar daxildir. Polimetalik filizlərin flotasiyası üçün effektiv köpükləndiricidir, zəhərli deyil.

FƏSİL III. FLOTASIYALI ZƏNGİNLƏŞDİRMƏ TEXNOLOGİYASININ VƏ MAŞINLARININ ARAŞDIRILMASI

3.1. Filizlərin mineral tərkibi

Filizlər və digər faydalı qazıntılar hər biri xalq təsərrüfatında istifadə oluna bilən qiymətli komponentlərin qarışığıdır. Hər bir komponentin ayrıca konsentrata çıxarılması dərəcəsi onun filizdəki tərkibindən asılıdır. Filizdə bu komponentin tərkibinin artması ilə hasilat artır.

Hər bir komponentin filizdən çıxarılmasının texnoloji göstəriciləri və əmələ gələn konsentratların keyfiyyəti filizin mineral tərkibindən asılıdır. Bu, ilk növbədə, hər bir metalın və ya elementin müxtəlif minerallarla təmsil oluna bilməsi ilə əlaqədardır.

Selektiv flotasiyanın mümkünlüyü ayrılan mineral komponentlərin fiziki-kimyəvi xassələrinin yaxınlıq dərəcəsindən asılıdır; Eyni anion və ya kation ilə mineralların ayrılması zamanı selektiv flotasiyanın həyata keçirilməsində çətinliklər artır. Məsələn, sulfidli mineralların qeyri-sulfid minerallardan flotasiya üsulu ilə ayrılması adətən sadə əməliyyat olduğu halda, sulfidlərin ayrılması daha çətinliklərdir. Eyni kation və ya anion olan mineralların selektiv flotasiyasının çətinlikləri həm də eyni metalın və ya elementin müxtəlif mineral formalarının müxtəlif xassələrə malik olması ilə əlaqədardır. Məsələn, qalenitin xalkopiritdən ayrılması kifayət qədər asan gedirsə, onun xalkozindən ayrılması xüsusi şərtlər tələb edir.

3.2. Mineralların təkrar dəyişməsi

Boş süxurların minerallarında ən mühüm dəyişikliklər onların səthinin silisləşməsi, kaolinləşməsi, xlorlaşması və seritləşməsi ilə əlaqədardır. Məsələn, feldispatların dəyişməsinin əsas prosesləri kaolinləşmə və seritləşmədir, xloritləşmə isə ferromaqnezium minerallar üçün ən xarakterikdir. İkinci dərəcəli dəyişikliklər prosesində müxtəlif qaya minerallarının səth xassələrinin birləşməsi onların hidrofobikliyinə ümumi dərəcəsinin artması və nisbətən üyüdülmə ilə belə çoxlu

miqdarda asanlıqla serit-xloritin əmələ gəlməsi ilə baş verir. Nəticədə tullantı süxurlarının çökdürülməsi, lilin zərərli təsirlərinin qarşısının alınması və zəngin konsentratların alınması çətinlikləri artır.

Selektiv flotasiyada ən böyük çətinliklər həm yatağın özündə, həm də filizin flotasiyaya hazırlanması prosesində faydalı qazıntıların qarşılıqlı aktivləşməsi nəticəsində yarana bilər.

Demək olar ki, bütün dəmir, sink və qurğuşun sulfidlərinin səthi ikinci dərəcəli mis sulfidlərin plyonkaları ilə örtüldükdə, ikinci zənginləşdirmə zonalarından sulfid filizlərini seçmək xüsusilə çətinlikdir.

3.3. Zənginləşməyə daxil olan filizin keyfiyyəti

Yatağın müxtəlif hissələrindən flotasiya ilə zənginləşdirməyə gələn faydalı qazıntılar adətən material tərkibinə, fiziki-mexaniki xassələrinə və konsentrasiyasına görə kəskin şəkildə fərqlənir. Zavodun yüksək və sabit fəaliyyəti isə zənginləşdirmə prosesinə daxil olan filizlərin tərkibinin sabitliyi ilə müəyyən edilir.

Filizin hazırlanması və zənginləşdirilməsinin seçilmiş sxemləri üçün optimal olan və faktiki olaraq zənginləşdirməyə verilən emalı planlaşdırılan ("layihə") filizin keyfiyyətinin uyğunluğu aşağıdakılarla təmin edilir: yatağın filizlərinin ilkin texnoloji tədqiqi. bunun nəticəsində yatağın texnoloji xəritələşdirilməsi aparılmalı; mədən və nəqliyyat əməliyyatları prosesində filizin keyfiyyətinin uzunmüddətli planlaşdırılması və operativ idarə edilməsi; mədən və fabrik filiz keyfiyyətinin orta hesablanması.

Əgər flotasiya ilə zənginləşdirməyə məruz qalan filizlər və ya digər faydalı qazıntılar onların material tərkibində kəskin dalğalanmalarla xarakterizə olunursa, o zaman o, orta hesablanır və adətən texnoloji dərəcələrə görə emal edilir.

Əgər faydalı qazıntıların bu cür emalı mümkün deyilsə, zənginləşdirmədən əvvəl onlar diqqətlə orta hesablanır.

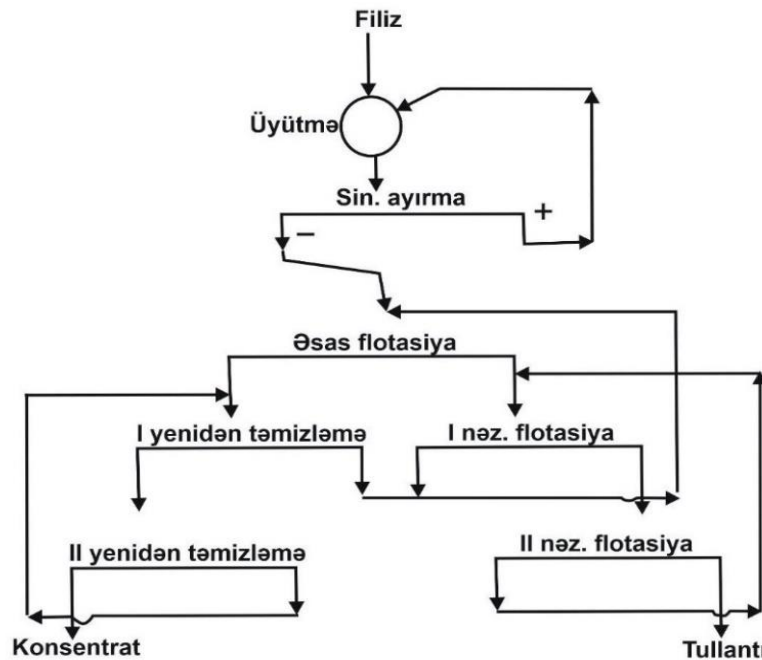
Məsələn, bəzi fabriklərdə qarışıqdakı filiz növlərinin müəyyən nisbətinin avtomatlaşdırılmış saxlanması ilə filiz qarışığı istifadə olunur.

3.4. Flotasiya sxemləri

Flotasiya sxemi dedikdə, flotasiya əməliyyatlarının müəyyən ardıcılığı və onların üyüdülmə və təsnifat əməliyyatları ilə birləşməsi başa düşülür. Flotasiya sxemlərini işləyib hazırlayarkən və seçərkən faydalı qazıntıların yayılma xarakteri və ölçüsü, onların filizdəki tərkibi, lilin mövcudluğu və xarakteri, konsentratların keyfiyyətinə olan tələblər, xammalın kompleks istifadəsinə olan ehtiyac. minimal zənginləşdirmə xərcləri nəzərə alınır.

3.5. Flotasiya əməliyyatlarının təsnifatı və mərhələləri

Bir və ya bir neçə metalın minerallarının flotasiya ilə bərpasının ilk əməliyyatı əsas flotasiya adlanır. Onun həyata keçirilməsi nəticəsində ayrılan faydalı qazıntıların flotasiya xassələrinin oxşarlığı, onların bir-birinə bitişiklərinin kifayət qədər açılmaması, flotasiya maşınının natamam olması səbəbindən adətən konsentrat və son tullantı əldə etmək mümkün olmur. Alınan keyfiyyətsiz konsentratlar və zəngin tullantılar bəzən əlavə üyüdüldükdən sonra təkrar flotasiyaya məruz qalırlar.

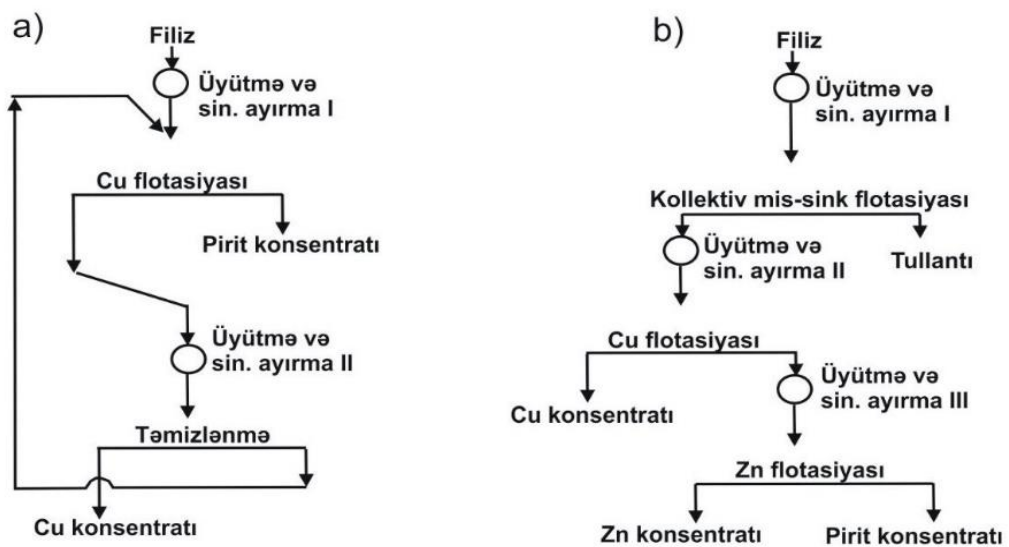


Şək.3.5.1. İlk materialın üyüdülməsi ilə flotasiya sxemi

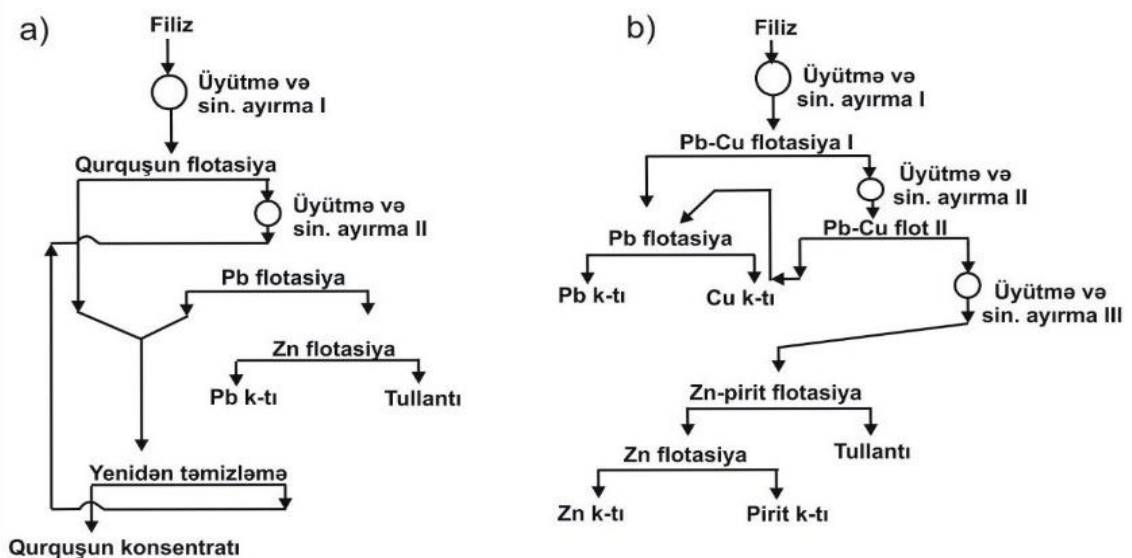
Şək.3.5.1 Flotasiya sxemində bütün köpük məhsulları həmişə flotasiya əməliyyatının adının solunda, kamera məhsulları sağda göstərilir. Sxemin istənilən əməliyyatında mineral hissəciklərin flotasiya dövrünün hər iki son məhsuluna çıxışı olmalıdır ki, əməliyyata təsadüfən daxil olan hissəciklər təmizləmə və nəzarət əməliyyatları nəticəsində müvafiq son məhsula keçə bilsin.

Zənginləşdirmə mərhələsi dedikdə üyüdülmə, təsnifat və flotasiya əməliyyatlarının məcmusu başa düşülür ki, bunun nəticəsində bir və ya bir neçə son zənginləşdirmə məhsulu alınır.

İki və üç mərhələli sxemlər aşağıdakı üç əsas variantla təmsil oluna bilər.



Şək.3.5.2. İki mərhələli (a) və üç mərhələli (b) flotasiya sxemləri



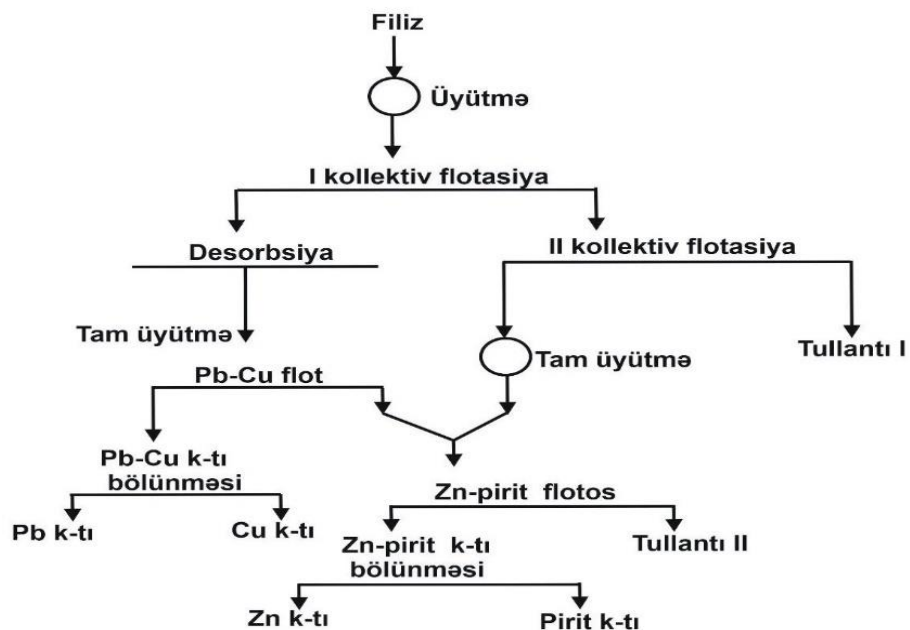
Şək.3.5.3. Zəngin flotasiya tullantılarının yenidən üyüdülməsi ilə əsas iki mərhələli (a) və üç mərhələli (b) sxemlər

3.6. Kollektiv və selektiv flotasiya

Çoxkomponentli filizlərin flotasiya zənginləşdirilməsində, məsələn, polimetal, birbaşa selektiv flotasiya sxemləri kollektiv selektiv və kollektiv konsentratın sonradan ayrılması ilə kollektiv flotasiya sxemləri geniş tətbiq edilir. Sxemin seçimi filizdəki faydalı komponentlərin tərkibindən, onların yayılmasından və əsas süxurların təbiətindən asılıdır. Hər bir konkret halda, müxtəlif sxem variantlarının texnoloji və iqtisadi üstünlüklərinin təhlilinin nəticələri nəzərə alınmaqla həyata keçirilir.

Birbaşa selektiv flotasiya sxemlərinin çatışmazlıqları kollektiv selektiv flotasiya sxemlərinin praktikada daha geniş istifadə edilməsinin səbəbidir. Tullantılarının əsas hissəsi kobud üyüdülmədən sonra kollektiv dövredə buraxılır ki, bu da faydalı mineralların aqreqlarının tullantı süxurlarla qarşılıqlı böyüməsini təmin edir. Faydalı mineralların aqreqlarının məhv edilməsi üçün lazım olan incə üyüdülmə, kollektor səthindən desorbsiya edildikdən sonra yalnız kiçik miqdarda kollektiv konsentrata məruz qalır.

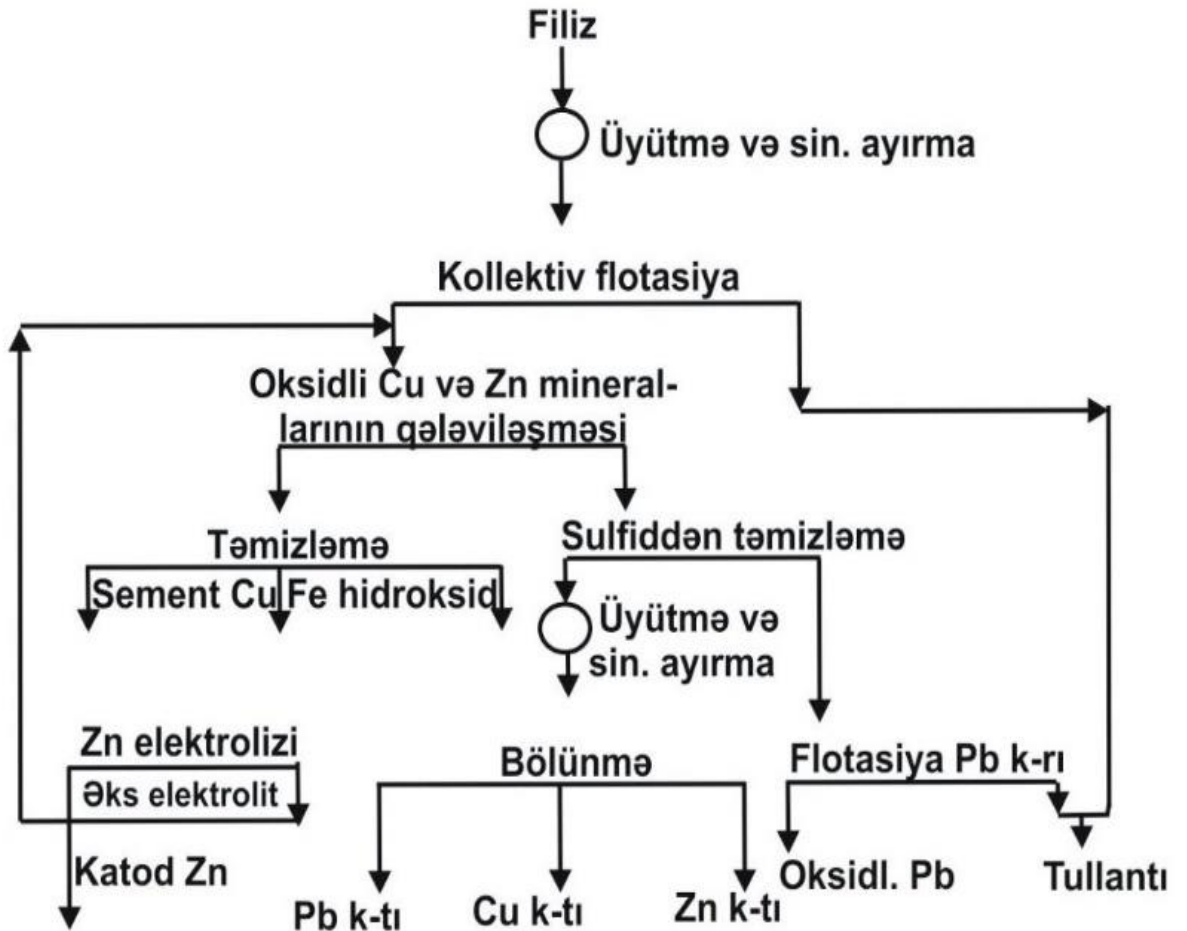
Kollektiv-selektiv sxemlərin və ilkin kollektiv flotasiya ilə sxemlərin istifadəsi birbaşa selektiv filiz flotasiyası sxemi ilə müqayisədə aşağıdakılara imkan verir.



Şək.3.6.1. Polimetal filizlərin flotasiyalı zənginləşdirilməsi

3.7. Kombirləşmiş flotasiya sxemləri

Filizlərin maddi tərkibinin mürəkkəbləşməsi, onların zənginləşdirilməsinin çətinliyinin artması və xammaldan istifadənin mürəkkəbliyini artırmaq ehtiyacı ilə əlaqədar olaraq, birləşmiş sxemlərdən getdikcə daha çox istifadə olunur. Belə sxemlərdə ya müxtəlif zənginləşdirmə üsulları, ya da zənginləşdirmə və metallurqiya üsullarının kombinasiyası istifadə olunur. Birləşdirilmiş sxemlərin istifadəsi bəzi hallarda müəyyən növ mineral xammaldan qiymətli komponentlərin çıxarılması probleminin köklü həllini təmin etməyə imkan verir.



3.7.1. Kombirləşmiş sxem

Pirometallurqiya və flotasiya əməliyyatlarını əhatə edən kombirləşmiş sxemlərə misal olaraq: filizin əvvəlcədən qovulması, ardınca metala çevrilmiş misin

flotasiyası daxil olmaqla, seqreqasiya prosesi; tutqun halına salındıqdan sonra onun nikel və mis konsentratlarına flotasiya ilə ayrılması; mis əritmə şlaklarından misin flotasiya üsulu ilə çıxarılması.

3.8. Sulfid filizlərinin flotasiyası

Sulfid filizləri əlvan metalların əsas mənbəyidir. Onların flotasiyası ən çox öyrənilmişdir və işlənmiş texnoloji rejimlər əksər hallarda əsas metalların və onları müşayiət edən elementlərin (kadmium, selen, tellur, renium, gümüş, qızıl və s.) konsentratlara və ya konsentratlara ən məqsədəuyğun paylanmasına nail olmağa imkan verir. Bu, bütün metalların çıxarılmasını artırmağa və filiz xammalından kompleks istifadəyə nail olmağa imkan verir.

Mis sulfid mineralları geniş pH diapazonunda yüksək flotasiya aktivliyinə malikdir: 6-dan 14-ə qədər. Bundan başqa, ikincil mis sulfidləri ilkinlərdən daha yaxşı üzməkdədir və pulpanın daha yüksək pH dəyərlərində depressiyaya uğrayır. Bu, ikincil sulfidlərin tam flotasiyası üçün lazım olan minimum kollektor konsentrasiyasının xalkopiritdən xeyli aşağı olması ilə izah olunur. (Məsələn, pulpada ksantatın konsentrasiyası xalkopirit üçün yalnız minimum tələb olunduqda, o, artıq ikincili mis sulfidlərdən bir neçə dəfə yüksəkdir ki, bu da kollektorun fiksasiyası, səthin hidrofoblaşması və flotasiya ehtimalının artmasına səbəb olur. mis sulfid. flotasiya sianid, sulfid və hidrokسيد ionlarından təsirlənir.

Mis və mis-pirit filizlərinin zənginləşdirilməsində əsas vəzifə mis sulfidlərin adətən piritlə təmsil olunan dəmir sulfidlərindən ayrılmasıdır.

Kollektiv mis-pirit və ya mis-molibden flotasiyası 25-35% sellülozda bərk maddələr olan neytral və ya bir qədər qələvi mühitdə aparılır. Zəif qələvi mühit, oksidləşmiş mis minerallarının flotasiyasını aktivləşdirmək üçün soda və ya natrium sulfid (0,1-0,3 kq/t) tərəfindən yaradılır.

Bəzən pirit konsentratlarında nəzərəcarpacaq miqdarda kobalt olur, onun mineralları (linnait, kobaltit, smaltit və s.) adətən dəmir sulfidləri ilə sıx bağlıdır.

Kollektiv mis-molibden konsentratlarını ayırmaq üçün həm molibdenitin, həm də mis və dəmir sulfidlərinin depressiyasına əsaslanan üsullardan istifadə olunur.

Na_2S sulfid, natrium hidrosulfid NaHS və ya onların qarışıqları 1:1 nisbətində. Ayrılma güclü qələvi mühitdə (pH 11-12) yüksək reagent istehlakında (2-20 kq/t toplu konsentrat) baş verir ki, bu da pulpada sulfid ionlarının yüksək konsentrasiyasını təmin edir. Bununla əlaqədar olaraq, mis və dəmir sulfidlərinin səthindən kollektorun desorbsiyasına və onların flotasiyasının depressiyasına nail olunur.

Mis və dəmir sulfidlərinin sianidlə depressiyası zamanı sulfhidril kollektoru ilə vismut minerallarının flotasiyası və s.

Eyni zamanda tərkibində sulfid miqdarı 50%-dən az olan yayılmış filizlərlə müqayisədə daha çətinidir.

Mis və sink minerallarının sənaye seçimi üsulları əsasən sink sulfidlərinin depressiyasına əsaslanır. Bunun üçün aşağıdakı reagentlərin müxtəlif kombinasiyalarından istifadə olunur.

Mis sulfidlərinin flotasiyasında prosesin seçiciliyinin artmasına kömək edir.

Üyüdmə zamanı 7-8-ə və flotasiya zamanı 9-10-a bərabər optimal pH dəyərlərini saxlamaq

Belə pH dəyərlərində mis sulfidlərin daha yaxşı üzmə qabiliyyətinə və sink və dəmir sulfidlərinin daha tam depressiyasına nail olunur.

Polimetal filizlər sulfidlərin məcmu yayılması ilə xarakterizə olunur. Bir-birinə bitmiş sulfidlərin aqreqatlarını tullantı süxurları ilə qarşılıqlı böyümələrdən azad etmək üçün adətən filizi -0,074 mm sinifinin 45-55% -ə qədər üyütmək kifayətdir, açmaq üçün isə -0,074 mm sinifinin 90-100% -ə qədər incə üyütmə lazımdır.

Pirit, sink-pirit və sink flotasiyasının reagent rejimləri mis-sink-pirit filizlərinin flotasiyasında olan rejimlərdən əsaslı şəkildə fərqlənir.

Selektiv mis konsentratlarında misin tərkibi 30%-ə, nikel konsentratlarında isə nikel 4-10,5%-ə çatır. Kollektiv mis-nikel konsentratları orta hesabla 82,5% mis və 82,1% nikel əldə etməklə 5-10% mis və 7-12% nikeldən ibarətdir.

Arsen, sürmə və civənin sulfid filizlərinin flotasiyası. Belə filizlərin əsas sənaye mineralları cinnabar HgS , antimonit Sb_2S_3 və arsenopirit FeAsS -dir. Sürmənin digər sulfidlərinin adətən praktiki əhəmiyyəti yoxdur. Arsen, sürmə və

civənin sulfid filizlərinin selektiv flotasiyası adətən kollektiv selektiv sxemlərə uyğun olaraq sulfhidril kollektorlarından istifadə etməklə həyata keçirilir.

3.9. Oksid və qarışıq filizlərin flotasiyası

Oksidləşmiş və qarışıq (sulfidlə oksidləşmiş) filizlər çətin zənginləşdirmə obyektidir. Bu, əsasən aşağıdakı səbəblərlə bağlıdır. Belə filizlərdə faydalı minerallar sulfidlər, karbonatlar, sulfatlar, silikatlar, fosfatlar, arsenatlar və müxtəlif üzümə qabiliyyətinə malik digər mineral birləşmələrlə təmsil olunur. Buna görə də, hər bir metalın bütün mineral formalarının eyni adlı konsentratlara səmərəli çıxarılmasını təmin edən universal reagent rejimini seçmək çox çətindir. Flotasiya çıxarılması üsulları hələ işlənməmişdir. ; faydalı mineralların tullantı süxurlarla (xüsusən də dəmir hidrokksidləri ilə) əlaqəsi bəzən o qədər yaxın olur ki, iqtisadi və texnoloji cəhətdən məqbul üyüdülmə dərəcəsində faydalı qazıntıların bir hissəsinin açıqlanmasını istisna edir; Mis karbonatlar [malaxit $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$, azurit $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$] və qurğuşun (serussit PbCO_3). Onların sulfidləşməsi üçün kontakt çənlərinin quraşdırılması tələb olunmur və sulfidləşdirici 0,5-1,5 kq/t ümumi sərfiyyatla bir neçə mərhələdə birbaşa flotasiya maşınına yüklənir. Ammonium duzlarının əlavə edilməsi NH_4Cl (NH_4)₂ SO_4 və ya artır kalsium və maqnezium duzlarının həllolma qabiliyyətini artırır və onların sulfidləşmə və flotasiyaya zərərli təsirini azaldır. Filizdə yüksək miqdarda həll olunan duzların olması ilə sulfidləşmə yalnız qaba doğranmış filizi yuyaraq ilkin çıxarıldıqdan sonra uğurla davam edir. Digər oksidləşmiş qurğuşun mineralları [wulfenite PbMoO_4], vanadinit $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$, piromorfit $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, mimetezit $\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$] və mis (kuprit Cu_2O) optimal pH 5,5-8-də belə daha pis sulfidləşir. Mis silikatlar sulfidləşmir və flotasiya zamanı tullantılarda itirilir.

3.10. Silikatların flotasiyası

Silikat mineralları çox müxtəlifdir. Onlar həmişə filizlərdə çox vaxt əhəmiyyətli miqdarda olurlar. Silikatların selektiv flotasiyasında çətinliklər onların

flotasiya xassələrinin oxşarlığı ilə əlaqədardır. Yumşaldılmış suyun istifadəsi, filizin qabaqcadan yuyulması və flotasiyadan əvvəl sellülozun təmizlənməsi, hurrada qarışdırmaqla səthin yuyulması (təmizlənməsi) və kollektorlar tərəfindən silikat flotasiyasının seçiciliyini artıran digər üsullar geniş tətbiq olunur.

Hal-hazırda dəmir, fosfat və digər növ filizlərin tərs flotasiyasında berilə və spodumen filizlərinin, alüminium tərkibli xammalın və silikatların flotasiyası əhəmiyyət kəsb edir.

Turşu sxeminə görə beril flotasiyası aşağıdakı dövrlərdən əvvəl aparılır.

Zəif qələvi, neytral və ya bir qədər turşu mühitdə sulfidril kollektoru ilə sulfid minerallarının kollektiv flotasiyası;

Silikatların çökdürülməsi üçün maye şüşənin eyni vaxtda tədarükü ilə oksihidril kollektorunun kiçik əlavələri ilə floritin flotasiyası;

Kation kollektoru ilə slyuda flotasiyası (0,2-0,3 kq/t) sulfat turşusu (2-) tərəfindən yaradılmış turşu mühitdə (pH 3-4) 4 kq/t) və ya yüksək qələvi mühitdə (pH 10) tərəfindən yaradılır. Kalsiumun konsentrata keçməsi berillium tərkibli marqarit əlavə flotasiya zamanı selektiv konsentrata təcrid oluna bilər bütün digər slyudaların çökməsini təmin edən alüminium xlorid (0,5-0,7 q/l) iştirakı ilə turşu və ya qələvi mühitdə kollektiv slyuda konsentratının ionları;

Beril və kvarts depressiyasını aktivləşdirmək üçün slyuda flotasiya tullantılarının sulfat turşusu (0,5 kq/t) ilə qarışdırılmış hidrotorik turşusu (1,5-2 kq/t) ilə təmizlənməsi.

Bu şəkildə hazırlanmış materialdan berilin sonrakı flotasiya çıxarılması kollektiv və ya seçmə flotasiya sxemlərinə uyğun olaraq həyata keçirilir.

Alınan beril konsentratı marqaritlə birləşdirilə bilər və kamera məhsulunda alınan natrium və ya kalium duzu məhlulunda kalium və natrium sortlarına flotasiya ilə ayrılabilir. Litium filizlərinin flotasiyası. Flotasiya litium və tərkibində yayılmış litium mineralları olan kompleks filizlərin zənginləşdirilməsinin əsas üsuludur: spodumen $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, lepidolit, ambliqonit, zinnvalDIT petalit. Ən çox yayılmış və öyrənilən, adətən kvarts, slyuda, bəzən dəmir oksidləri, beril və digər minerallardan ibarət spodumen filizlərinin zənginləşdirilməsi üçün flotasiya

texnologiyasıdır. Kiyanit filizlərinin flotasiya ilə zənginləşdirilməsi zamanı qum və lil hissələri ayrıca üzür. Kiyanit flotasiyası yağ turşuları və onların duzları (0,5-1,0 kq/t) ilə soda (0,5-1 kq/t) və ya kaustik soda (0,2-0,3 kq/t) ilə yaradılmış bir az qələvi mühitdə kiçik əlavələrlə həyata keçirilir. Süxurun əsas hissəsinin çökməsi üçün maye şüşə (0,2-0,3 kq/t). Kiyanit konsentratının biotit və qranatdan təmizlənməsi bir az turşu mühitdə (pH 6,6-5,2) təmizləmə əməliyyatlarında aparılır. Əgər filizdə sulfidlər varsa, onlar prosesin əvvəlində çıxarılır.

3.11. İon flotasiyası

Çirkab sulardan səthi aktiv maddələrin 90-95% -ni çıxararkən, köpük məhsulunun həcmi orijinal məhsulun həcmindən bir neçə yüz dəfə az olur. 1 m³ tullantı suyunun təmizlənməsi üçün cari xərclər 1 qəpikdən çox deyil. İon flotasiyası, çıxarılan ionun havanın səthində sabitlənmiş əks yüklü kollektor ionları və ya məhlulun həcmindən köpürən qaz baloncukları tərəfindən cəlb edilməsinə əsaslanır. Anion kollektorları kationları çıxarmaq üçün, anionlar üçün isə kation kollektorları istifadə olunur. İon flotasiyası dördüncü ammonium əsasları olan məhlullardan ortofosfor turşusu anionlarını, setiletildimetilamonium bromidli $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ və 2 anionları və alkilbenzol sulfonatları, alkil sulfatları, aminopolikarboksilik turşuları və digər kollektorları olan radioaktiv metal kationlarını çıxarmaq üçün istifadə olunur. Hidrofob çöküntülərin flotasiyası bir çox əlvan və nadir metalların alkil ksantatlar, alkil merkaptanlar, ditizon və digər maddələrlə suda az həll olunan birləşmələr əmələ gətirmə qabiliyyətinə əsaslanır. Hidrofoblaşmış çöküntülərin flotasiyası çıxarılan metalların ilkin çöküntüsünə və sonradan yaranan çöküntünün kollektorla hidrofoblaşdırılmasına əsaslanır.

3.12. Flotasiya maşınlarının təsnifatı

Flotasiya maşınları ola bilər aşağıdakı qruplara bölünür. Horra aerasiyasının həyata keçirildiyi mexaniki müxtəlif qarışdırıcılar tərəfindən atmosferdən havanın sorulması;

Pnevmomexaniki, horranın ventilyatorlardan, üfleyicilərdən və ya kompressorlardan maşına verilən sıxılmış hava ilə aerasiyasını təmin edən, dispersiyası müxtəlif konstruksiyalı qarışdırıcılar və ya vibrasiya cihazları ilə həyata keçirilir; Dispersiya üçün müxtəlif hidravlik cihazların istifadə edildiyi öz-özünə aerasiya və ya sıxılmış havanın məcburi təchizatı ilə pnevmohidravlik.

Məsəməli arakəsmələr vasitəsilə verilən sıxılmış hava ilə pulpanın aerasiyası ilə pnevmatik.

Maye aerasiya ilə elektroflotasiya.

Dəyişən təzyiqli flotasiya maşınları, aerasiya pulpadan yuxarıda təzyiqin azalması ilə həll edilmiş qazların buraxılması ilə təmin edilir.

Çuxur tipli flotasiya maşınları uzunluğu uzadılmış çəlləkdir. İlk pulpa onun bir ucundan daxil olur, digər ucundan isə çıxır. Köpük yan divarlar vasitəsilə bütün uzunluğ boyunca çıxarılır. Pulpa səviyyəsi tullantıların boşaldılması sürəti ilə idarə olunur. Kamera tipli flotasiya maşınları hər birində bir və ya bir neçə aerator olan ayrıca kameralardan ibarətdir. Pulpanın əvvəlki kameradan digərinə köçürülməsi üsulundan asılı olaraq maşınlar kameralı, birbaşa axınlı kameraya və ya birbaşa axın kamerasına bölünür.

3.13. Flotasiya maşınlarına olan tələblər

Müxtəlif faydalı qazıntıların zənginləşdirilməsi üçün flotasiya maşınlarının sənayedə tətbiqi təcrübəsi və texnologiyanın digər sahələrində köpüklə flotasiya zamanı flotasiya maşınlarında baş verən proseslərin öyrənilməsi və maşınların hidroaerodinamikasının öyrənilməsi aşağıdakı əsas tələbləri formalaşdırmağa imkan verir.

1. Yüksək dərəcədə hava dispersiyası və səpələnmiş və daha böyük qabarcıqların optimal nisbəti ilə həcm boyu vahid pulpa aerasiyası.

2. Pulpadakı bütün bərk maddələr süspansiyonda və hava qabarcıqları ilə sıx təmasda olmalıdır.

3. Minerallaşmış qabarcıqların üzməsi nisbətən sakit (irrotasion) mühitdə və ya yüksələn pulpa axınında baş verməlidir.

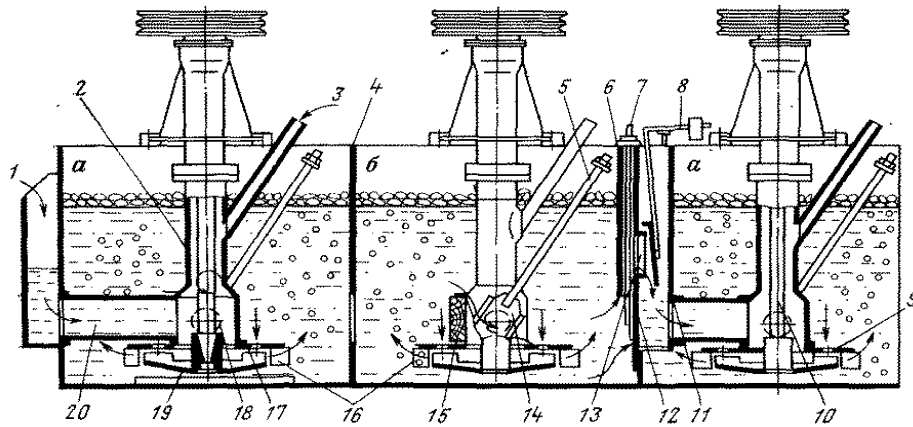
4. Flotasiya köpüyünün həcmi ilə onun çıxarılması sürəti arasında optimal nisbət təmin edilməlidir.

5. Flotasiyanın davamlılığı, yəni üzən və üzməmiş hissəciklərin davamlı qidalanması və fasiləsiz boşaldılması.

6. Pulpa səviyyəsinin hündürlüyünü tənzimləmək imkanı və köpük, kameradaxili sirkulyasiya və pulpa aerasiyası.

3.14. Mexaniki flotasiya maşınları

Flotasiya maşınlarının bütün aerasiya qurğularında atmosferdən havanın sorulması və mərkəzdənqaçma qüvvələrinin təsiri ilə kameraya atılan pulpa-hava qarışığının əmələ gəlməsi fırlanan çarxın boşluğunda kiçik vakuumin əmələ gəlməsi ilə əlaqədardır. Çarxlar kimi müxtəlif konstruksiyalı qarışdırıcılardan istifadə olunur. Bu halda pulpanın aerasiyası çarxın çevrə sürəti və mexaniki flotasiya maşınlarının havalandırıcı aqreqlarının və kameralarının konstruksiya xüsusiyyətləri ilə müəyyən edilir.



3.14.1. Flotasiya maşını (a) və birbaşa axın (6) kameralar

Aralıq məhsulun daxil olmadığı kameralarda budaq borusu quraşdırılmır və şaquli borunun genişləndirilmiş hissəsindəki deşik tıxacla bağlanır 15. Köpük məhsulu toplama kanalına çıxarılır.

Sorma və birbaşa axın kameraları arakəsmə ilə ayrılır 4. Bölmənin hər ikinci kamerasında və ya birbaşa axın maşınının sonuncu kamerasında pulpa səviyyəsinə

nəzarət etmək və kamera məhsulunu (quyruqları) çıxarmaq üçün bir cihaz var. Əsas hissə kameranın yan divarındakı 12 dəlikdən 13 daşaraq növbəti kameranın qəbuledici cibinə daxil olur. Köpüyün kamera məhsulu ilə getməsinin qarşısını almaq üçün boşalma açılışı arakəsmə 6 ilə qorunur.

Köpüklənmənin sakit zonası yaratmaq üçün statorun ətrafında yerləşən və kameranın dibinə bərkidilmiş radikal L formalı plitələrdən ibarət bir damper verilir.

FM maşınlarının çatışmazlıqlarına stator qanadlarının yüksək aşınması və güclü yuxarı pulpa axınları daxildir, bu da köpüklənmə prosesinin pozulmasına səbəb olur ki, bu da faydalı komponenti az olan filizlərin flotasiyası zamanı xüsusilə vacibdir. Bununla belə, maşınlar pulpa axını və suqəbuledici hava baxımından yüksək məhsuldarlıqla xarakterizə olunur; dizayn parametrləri yoxdur, onlar ən yaxşı xarici nümunələr səviyyəsindədir.

Mexanik flotasiya maşınlarının digər növlərlə müqayisədə üstünlükləri onların yaxşı hidrodinamik parametrləri, tətbiqinin çox yönlü olması və istənilən texnoloji sxemlərdə istifadəyə yararlılığı, əlavə hava mənbələrinə ehtiyac olmamasıdır.

3.15.Pnevmomexaniki flotasiya maşınları

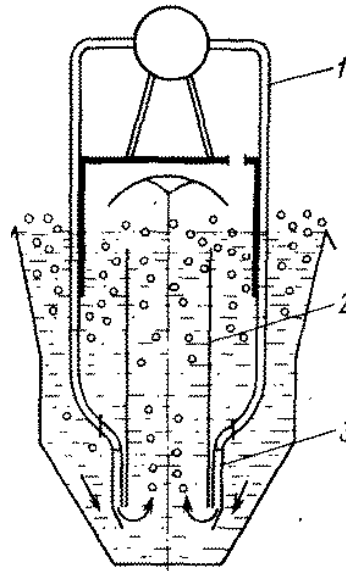
Aeratorlu pnevmomexaniki maşından MDB-də çox yayılmış flotasiya idi 6,3 m³-ə qədər kamera tutumu olan FPM maşını. Mexaniki maşınlarla müqayisədə maşının üstünlükləri hər bir kamerada aerasiyaya nəzarət etmək, enerji sərfiyyatını, təmir xərclərini və əsas əməliyyatlarda flotasiya müddətini (20-30%) aşağı salmaq imkanındır; Qaba dənəli materialın flotasiyasının qeyri-mümkünlüyü, blok aeratorunu dəyişdirərkən kameraların tam tükənməsinə ehtiyacdır. Kamera tutumu 12,5 m³ olan FPM12.5, 25 m³ kamera tutumu olan FPM25 və 36,1 m³-ə qədər kamera tutumu olan Denver DR birbaşa axın maşınları prinsipə eyni mərkəzdənqaçma aeratoruna malikdir. Maşın işləyərkən, məhlul boru ilə silindr arasındakı həlqəvi boşluqdan sorulur və hava boru vasitəsilə məcbur edilir. Yaxşı dağılmış hava qabarcıqları ilə doymuş hava-pulpa qarışığı stator vasitəsilə kameranın dibinin bütün səthinə atılır, sonra yuxarıya doğru yönəldilmiş vahid axınlara çevrilir və səthə qalxmasını asanlaşdırır.

Rotor dönərkən, kameranın altından pulpa radial bıçaqlar arasındakı boşluğa sorulur və rotorun yuxarı hissəsindən çıxır. Rotor boşluğundan pulpa və havanın çıxış nöqtələri bir dairədə dəyişir, lakin oradan çıxışda qarışırlar. Nəticədə yaranan pulpa-hava qarışığı stator bıçaqları arasından kameraya atılır. Aerator yaxşı aerasiya xüsusiyyətlərinə malikdir və OK16 maşını Finlandiyada geniş istifadə olunur.

3.16. Pnevmatik flotasiya maşınları

Pnevmatik flotasiya maşınlarında panel havalandırılır və sıxılmış hava ilə qarışdırılır. Belə maşınların əsas növlərinə hava qaldırıcı, sütun, siklon və köpük ayırma daxildir. Kiçik hava qaldırıcı maşınlarda qəbuledicidən / təzyiq altında 1.2. 104-3 - 104 Pa hava.

Hidrostatik təzyiqdə yaranan fərqə görə, konsol hava qaldırıcıdan atılır və hava qaldırıcısının divarları və arakəsmələr arasında düşür. Hava qaldırmada və düşmə zonasında hava intensiv olaraq pulpa ilə qarışdırılır və dağılır. Havalandırılmış pulpa tıxaclardakı deliklərdən yənc zonasından axır.



Şək. 3.16.1. Pnevmatik flotasiya maşını

Pulpa hava qaldırıcısının təsiri altında maşın vannasında dövr edir və maşına daxil olan axının təzyiqi altında maşın boyunca axır. Maşın hamamının hündürlüyü təxminən 900 mm, köpük eşikləri arasındakı məsafə 1300 mm və hava qaldırıcısının divarları arasında 160-200 mm, hava sərfi maşının 1 m-i üçün 4 ilə 13 m³/dəq

arasındadır. Mexanik və pnevmomexaniki maşınlarla müqayisədə bu maşınlar sadə dizaynı və az metal sərfiyyatı ilə seçilir. Onların çatışmazlıqları aşağı xüsusi məhsuldarlıq (0,75-3 t. m²/saat) və havadan istifadə əmsalı, həmçinin dənəvər ağır pulpalar üzərində işləyərkən qeyri-kafi səmərəlilikdir.

Maşın sadə zənginləşdirmə sxemləri və eyni zamanda köpük məhsulunun yüksək məhsuldarlığı üçün tövsiyə olunur.

MDB mekanında istehsal olunan FPS16 və FP16 flotasiya maşınları, əsasən, uzun flotasiya müddəti tələb etməyən böyük sinif maddən kimyəvi xammalının və asanlıqla üzən materialların flotasiyası üçün nəzərdə tutulmuşdur. FPS16 maşınında daxili hava qaldırıcısı ilə dəfələrlə köpük təbəqəsinə tədarük etməklə materialın əlavə flotasiyasını təşkil etmək mümkündür. Tələb olunan flotasiya müddəti maşındakı kameraların sayını artırmaqla əldə edilə bilər.

Pnevmatik tipli maşınların üstünlüklərinə aşağıdakılar daxildir: dizaynın son dərəcə sadəliyi; fırlanan hissələrin olmaması, sürətlə köhnələn hissələrin və birləşmələrin; aşağı metal istehlakı; əməliyyat asanlığı. Onların çatışmazlıqları aşağıdakılardır: hava tədarüku üçün hava üfleyicilərdən və sənaye məhsullarını vurmaq üçün nasoslardan istifadə etmək zərurəti; məhdud tətbiq.

3.17. Flotasiya maşınlarının seçilməsi

Flotasiya maşınlarının seçilməsində əsas amil filizin tərkibi, yüksək texnoloji göstəricilər, minimal enerji sərfi, sadə idarə etmə və s. nəzərə alınır.

Sadə sxem üzrə zənginləşmədə "Faqerqren" mexaniki maşını "Adjiteyr" pnevmomexaniki yə ya aerolift maşın və s. növ maşınlar geniş tətbiq edilir. Bu növ maşınlar daha sadə hesab edilir. "Denver" və s. flotasiya maşınları ABŞ-da geniş işlədilir. Mexaniki – FM, pnevmomexaniki – FPM, aerolift – AFM və s. flotasiya maşınları MDB məkanında geniş tətbiq edilir.

Pnevmatik flotasiya maşınları faydalı qazıntılar asan flotasiyaya uğradıqda, kiçik və orta sıxlıqda olduqda, sadə flotasiya sxemindən istifadə edildikdə, qiymətli məhsulların yüksək çıxım şərtləri daxilində seçilir Başqa şəraitlərdə isə əsasən, pnevmomexaniki flotasiya maşınları tətbiq edilir.

Yenidən təmizləmə əməliyyatlarında hansı ki, burada horranın sıxlığı 40-50% bərkdən ibarət olur, bu halda mexaniki flotamaşından istifadə edilir. Lazımı tələbələr daxilində flotasiya maşınları kataloqdan seçilir.

ФПР-63 növlü flotasiya maşınının texniki göstəriciləri cədvəldə verilmişdir.

3.18. Flotasiya maşınlarının hesabı

Mexaniki və ya pnevmomexaniki flotasiya maşınlarının kameralarının lazımı sayı ayrıca olaraq hər bir flotasiya əməliyyatı üçün hesablanır. Bu məqsədlə aşağıdakı düsturdan istifadə edilir:

$$n = v \cdot t / 1440 \cdot v_{hh} \cdot k = Q(R + \frac{1}{\delta}) / 1440 \cdot v_{hh} \cdot k,$$

burada n - əməliyyat üçün tələb olunan kameraların sayı;

v – flotasiyaya uğradılan horranın gündəlik həcmi, $m^3/gün$:

t - əməliyyatda flotasiya müddəti, dəq:

v_{hh} – kameranın həndəsi həcmi, m^3 :

k – flotasiya maşınının işçi halında horra həcmının həndəsi həcmə olan nisbəti,

$$k = 0,7 - 0,8:$$

Q – bərkə nəzərən maşının gündəlik məhsuldarlığı, $t/gün$:

δ – bərk fazanın (filizin) bərkliyi,

$$\delta = 3;$$

R – horrada M:B olan nisbətidir, əsas flotasiyada $R=1,5$ və nəzarət flotasiyalarında $R=2-3$ qəbul edilir.

v_{hh} – kameranın həcmi flotasiyası maşının növündən asılı olaraq kataloqdan seçilir.

Düsturdan görünür ki, flotasiya maşınının kameralarının həcmələri artdıqca onların sayı azalır. Bununla əlaqədar lazımı döşəmə sahəsi azalır, maşına xidmət sadələşir, elektrik təchizatı və zənginləşdirmə məhsullarının nəql edilməsi asanlaşır. Lakin kameraların maksimal həcmi aşağıdakı şərtlərlə məhdudlaşır: cılız tullantılar

almaq üçün əsas və nəzarət flotasiyaları üçün cəm kamera sayları 6-8 ədəddən kiçik olmamalıdır; yaxşı keyfiyyətli konsentrat almaq üçün yenidəntəmizləmə flotasiyası üçün kameraların sayı 2-dən az olmamalıdır. Əvvəl monometallik filiz kimi misli filiz qəbul edilib və bu filiz flotasiyaya uğradılıb. Buna uyğun olaraq, metal balansı və flotasiya sxemi hesablanılıb. Burada hesabatı asanlaşdırmaq məqsədi ilə göstərilən filiz üçün əvvəlki şərtlər və hesabatlar olduğu kimi qəbul edilir. Əsas mis flotasiyası əməliyyatı üçün ФПР-63 növlü pnevmomexaniki flotasiya maşını seçərək tələb olunan kameraların sayını təyin edək. Bu məqsədlə əvvəlcə əsas flotasiyaya daxil olan horra həçminin tapaq. Fabrikin məhsuldarlığı $Q_{fab} = 10000$ t/gün qəbul edilir. Yenidən təmizləmə və nəzarət flotasiyası əməliyyatlarının məhsul çıxımı adətən ilkin filizdən 15% təşkil edir. Onda,

$$Q = Q_{tm} + Q_{\text{v}} = 10000 + 0,15 + 10000 = 11500 \text{ t/gün}$$

$$Q = 11500 \left(1,5 + \frac{1}{3} \right) = 21045 \text{ t/gün}$$

Əsas flotasiya müddətini 10 dəq. qəbul etsək, onda alarıq.

$$n = \frac{21045 \cdot 10}{1440 \cdot 6,3 \cdot 0,8} = 29,9$$

$n=30$ kamera qəbul edilir.

FƏSİL IV. QRAVİTASİYALI ZƏNGİNLƏŞDİRMƏ ÜSULLARININ VƏ UYĞUN AVADANLIĞIN ARAŞDIRILMASI

4.1. Qravitasiyalı zənginləşdirmə üsulunun nəzəri əsasları

Qravitasiya zənginləşdirmə prosesləri müxtəlif növ faydalı qazıntıların emalında geniş istifadə olunur.

Minerallar qarışığının qravitasiya üsulları ilə ayrılması onların cazibə və müqavimət qüvvələrinin təsiri altında mühitdə hərəkət sürəti və xarakterindəki fərqlər əsaslanır ki, bu da mineral hissəciklərin sıxlığı və ölçüsünün fərqli olması ilə əlaqədardır. Bütün mineralları şərti olaraq sıxlığından asılı olaraq aşağıdakı qruplara bölmək olar: ağır, sıxlığı 4-8 t/m³ və ya daha çox olan; aralıq sıxlığı 2,7-4 t/m³, yüngül, sıxlığı 2,7 t/m³-dən az olan minerallar.

Mineralların ayrılmasında mühit kimi su, hava, ağır suspenziya istifadə olunur. Əlvan və nadir metal filizlərinin qravitasiya ilə zənginləşdirilməsi əsasən su mühitində tətbiq olunur. Su mühitində qravitasiyalı zənginləşdirmə çökdürücü maşınlarda, konsentrasiya masalarında, şülülzlərdə, müxtəlif növ seperatorlarda və digər qurğularda yerinə yetirilir. Hava mühitində qravitasiyalı zənginləşdirmə aparmaq üçün əsasən pnevmatik seperasiya, çökmə, masalar və s. növ qurğular işlədilir. Qravitasiyalı proseslərə həmçinin gilli və kirkəli filiz və səpintilərin yuyulması proseslərini də aid etmək olar. Qravitasiyalı zənginləşdirmə üsulu nəcib və nadir metallı və həmçinin titanlı, sirkoniumlu, volframlı, qalaylı, dəmirli, manqanlı və s. filizlərin zənginləşdirilməsində geniş tətbiq edilir. Mühitdə düşən hissəciy mühitin müqavimətinə rast gəlir və bu səbəbdən də onun fəzada düşmə sürəti mühitdə düşmə sürətindən böyük olur. Əgər mineral dənəcik kürə formasında olub diametri d və sıxlığı γ dirsə və sakit mühitdə düşsə, onda onlar aşağı istiqamətlənmiş σ ağırlıq qüvvəsi və yuxarı istiqamətlənmiş mühitin müqavimətinin dinamik gücü Pd təsiri altında yerləşir. Arximed qanununa görə mühitdə bu hissəciklərin çəkisi aşağıdakı kimi olar:

$$\sigma = \sigma_1 - Q = \frac{\pi d^3}{6} (\gamma - \Delta)g$$

Qravitasiyalı proseslər əsasən su mühitində həyata keçirilir. Bu səbəbdən də mineral dənəciyin suda düşməsinin əsas qanunauyğunluqlarına baxırıq. Fəzada bütün cisim ölçülərindən, formasından, sıxlığından asılı olmayaraq eyni eyni sürətlə düşür.

$$\sigma_1 = \frac{\pi d^3}{6} \gamma g$$

$$Q = \frac{\pi d^3}{6} \Delta g$$

σ – hissəciklərin ağırlıq qüvvəsi

Q-cisim ilə sıxışdırılmış mühitin çəkisi

g-sərbəst düşmə təcili

γ -hissəciyin sıxlığı

Δ -mühitin sıxlığı

Bu hissəciklər üçün mühitin müqavimət gücü Nyuton qanununa görə aşağıdakı ki olar:

$$Pd = \frac{1}{2} \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{v^2 \Delta}{2}, n$$

burada

V –cisimin hərəkət sürətidir.

Bu iki gücə əsasən verilmiş hər anda cisimin hərəkətinin differensial tənliyini tərtib etməklə hissəciyin hərəkət sürətini müəyyən etmək olar:

$$m \frac{dv}{dt} = \frac{\pi d^3}{6} (\gamma - \Delta) g - \frac{1}{2} \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{v^2 \Delta}{2}, n$$

Burada, m-kürənin kütləsi

Əgər bu tənliyi hər iki tərəfini kütləyə bölsək onda

$$m = \frac{\pi d^3}{6} \gamma \quad \text{olar .}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\gamma - \Delta}{\gamma} g - \frac{3}{8} \frac{v^2 \Delta}{d \gamma}$$

Buradan mühitdə düşən cismin təcili v sürətindən, mühitin sıxlığından Δ , cismin sıxlığı və onun diametrindən d asılı olan təcillər fərqi bərabərdir. Mühitdə başlanğıc təcili

$$g_0 = \frac{\gamma - \Delta}{\gamma} g$$

müqavimət gücünün təcili

$$g_1 = \frac{3}{8} \frac{v^3 \Delta}{d\gamma} \text{ olar .}$$

Cismin düşmə sürəti azaltdıqca mühitin müqavimət gücü P_d və onunla birlikdə təcili də artır. Cismin sabit düşmə sürətinə çatdıqda bu təcil sifira bərabər olur:

$$\frac{dv}{dt} = g_0 - g_1 = 0$$

Bu son hədd sürəti sürəti son sürət adlanır.

Diametri 1mm olan kürəşəkilli mineral hissəcik üçün son düşmə sürəti saniyənin 0,01-0,1 hissəsində başlanır və aşağıdakı tənlikdən müəyyən edilə bilər:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\gamma - \Delta}{\gamma} g - \frac{3}{8} \frac{v_0^2 \Delta}{d\gamma} = 0$$

burdan

$$V_0 = K_R \sqrt{d \left(\frac{\gamma - \Delta}{\Delta} \right)} \text{ olar.}$$

Bu tənlik kürəşəkilli hissəciyin düşməsinin son sürətini təyin etmək üçün Rittinqer tənliyi adlanır. Tənlikdən görünürki, müxtəlif bərabər şəraitlərdə cismin son düşmə sürəti onun diametri və sıxlığı ilə düz mütənasibdir. Kürə şəkilli hissəcik üçün K əmsalı 51,2 götürülür.

Onda bu tənlik

$$V_0 = 51,2 \sqrt{d \left(\frac{\gamma - \Delta}{\Delta} \right)}$$

Kiçik diametrlili kürəşəkilli düşən hissəciyin məruz qaldığı müqavimətin qiyməti Stoks tənliyi ilə təyin edilir.

$$P_5 = 3\pi\eta d v, n$$

burada

η -mayenin özlülük əmsalı, $n \cdot \text{san}/\text{m}^2$

20°C-də suyun özlülüüyü

$\eta = 0,001 n \cdot \text{san}/\text{m}^2$ -dir.

Temperatur 1°C artırıldıqda özlülüüyü 2% azalır.

Hissəciklər son düşmə sürətinə çatdıqda təcil sıfıra bərabər olar.

$$V_0 = K d^2 \left(\frac{\gamma - \Delta}{\mu} \right) = 54,5 d^2 \left(\frac{\gamma - \Delta}{\mu} \right), \text{sm}/\text{san}$$

Bu Stoks tənliyinin yekun forması olub ölçüləri 0,12mm-0,12sm olan hissəciklərin son düşmə sürətini təyin etmək üçün istifadə edilir. İri hissəciklər üçün Rittinqer və xırda hissəciklər üçün Stoks tənliyinin müxtəlif mineral üçün yoxlanışı göstərmişdir ki, bu tənliklər məhdud iriliyi, yəni Rittinqer tənliyi 0,5-15 mm və Stoks tənliyi 0,12-0,012 mm ölçülü hissəciklər üçün düzgündür.

4.2. Qravitasiyalı zənginləşdirmə üsulları

Əsas qravitasiya prosesləri bunlardır:

1. Su mühitində - Çökmə maşınlarında zənginləşdirmə, konsentrasiya masaları, vintli və konuslu separatorlar, barabanlı konsentratorlar, şlülzlər və s
2. Havada, pnevmatik zənginləşdirmə.
3. Ağır suspenziyalarda və ağır mayelərdə zənginləşdirmə.

Qravitasiya prosesləri nadir və nəcib metalların - titan, sirkonium, volfram, qalay, qızıl, həmçinin dəmir və manqan filizlərinin zənginləşdirilməsində geniş istifadə olunur.

Hazırda flotasiya ilə zənginləşdirmənin çox geniş yayılmasına baxmayaraq, qravitasiya üsulları öz aktuallığını itirmir.

Qravitasiya proseslərində istifadə olunan texnoloji sxemlər və avadanlıqlar davamlı olaraq təkmilləşərək, konsentrasiya masalarının texnoloji göstəricilərini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Qravitasiyalı üsullar hal-hazırki tədqiqatın uyğun bölmələrində araşdırılır.

4.3. Çökmə prosesi və prosesin nəzəri əsasları

Zənginləşdirmənin qravitasiya üsulları arasında çökmə maşınlarında zənginləşdirmə əhəmiyyətli dərəcədə yayılıb. Çökmə, şaquli su axımında mineral hissəciklərin düşmə sürətindəki fərqə əsaslanan qravitasiya zənginləşdirmə prosesidir.

Ayrılacaq material maşının ələkinə verilir, onun deşiklərindən artan və enən və ya aralıq olaraq yuxarıya doğru su axını daxil olur.

Belə su axınlarının dövrü təsiri nəticəsində zənginləşdirilmiş material sıxlığa görə ayrılır, yəni daha yüksək sıxlığa malik olan minerallar ələkdə yatan materialın aşağı təbəqəsində cəmləşir, daha az sıxlıqlı dənələr isə konsentrasiya olunur.

Bu zaman alt təbəqəni yuxarıdan ayırmaqla iki məhsul, konsentrat və tullantı alınır. Çökmə maşınlarında filiz 50 ilə 0,25 mm arasında zənginləşdirilə bilər.

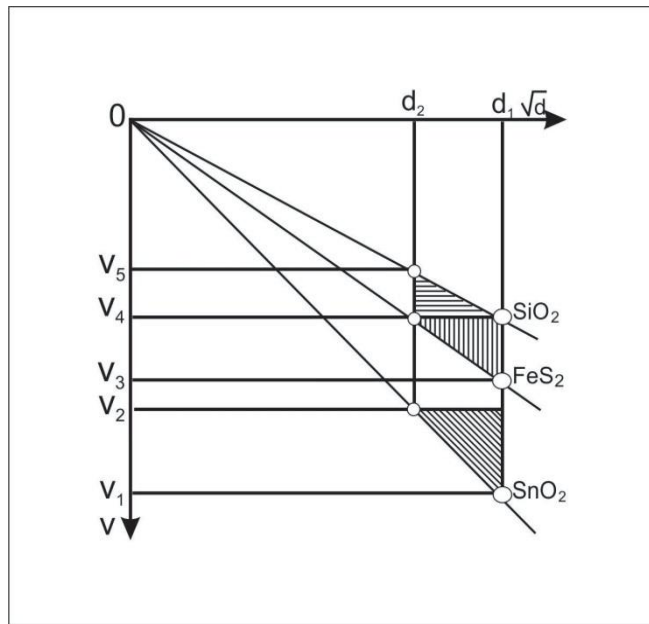
Zənginləşdirmənin səmərəliliyini artırmaq üçün filiz çökmədən əvvəl ölçülərinə görə siniflərə bölünür və hər bir sinif müstəqil olaraq zənginləşdirilir. Çökmə prosesinin bəzi nəzəri məsələlərini nəzərdən keçirək.

Hissəcik ölçüsü 1-dən 0-a qədər olan kvars və kassiterit qarışığını götürək. Çökmə maşınında zənginləşdirmək üçün qarışığı ekranlarda bir sıra siniflərə ilkin təsnifat vermək lazımdır ki, mineral diametrinin nisbəti hər sinifdə bərabər düşmə əmsalını keçmir.

İki mineral, ağır kassiterit (SnO_2) və yüngül kvars (SiO_2) üçün mineralın düşmə sürətinin Çexotta diaqramını göstərir.

Diaqramdan görünür ki, ölçüsü d_1 -dən d_2 - qədər olan bütün kassiterit dənələri v_1 -dən v_2 -yə və eyni ölçülü kvars dənələri v_2 -dən v_3 -ə qədər sürətlə düşəcəkdir. payızın diametri d_1 olan kvars dənələri və d_2 diametrli kassiterit dənələri olacaq.

Ölçüsü d_1 -dən kiçik olan kvars dənələrinin sürəti v_2 -dən az olacaq; v_2 -dən böyük sürətdə d_2 -dən böyük kassiterit dənələri olacaq.



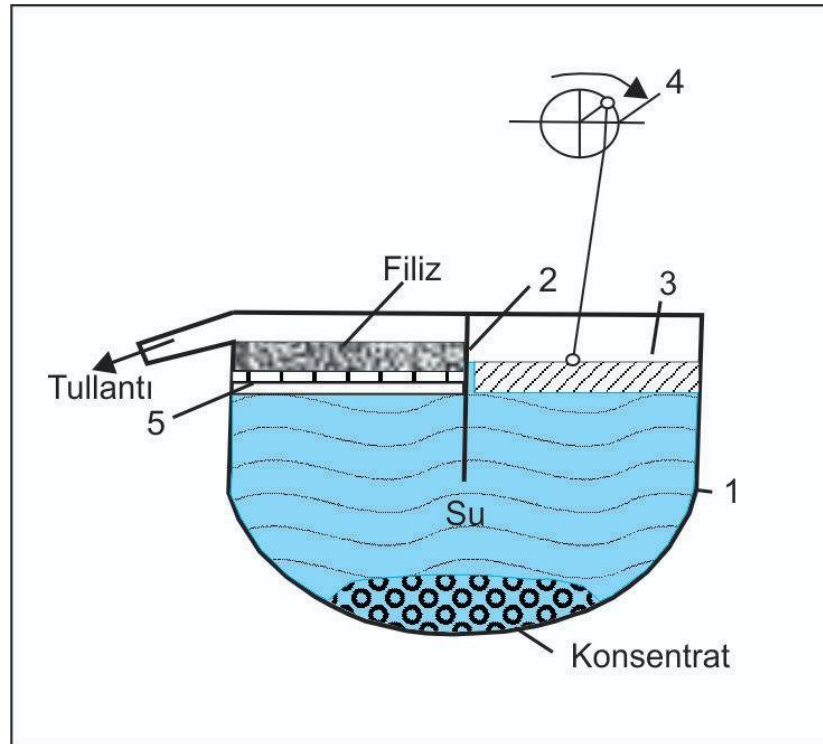
Şəkil 4.3.1. Müxtəlif sıxlıqlı üç mineralın düşmə sürətini təyin etmək üçün Çechotta diaqramı

Müxtəlif sıxlıqlı üç mineralın düşmə sürəti Çechott diaqramında göstərilmişdir (şək.4.1). Kassiterit dənələri v_1 -dən v_2 -yə qədər ən yüksək düşmə sürətinə malikdir, bu da aşağı təbəqəni tutacaqdır. Orta layı v_1 -dən v_4 -ə qədər olan pirit dənələri aralıq təbəqəni, minimum düşmə sürəti v_4 -dən v_5 -ə qədər olan ən yüngül kvars dənələri isə yuxarı təbəqəni tutacaqdır. Buna görə də qalenit üçün ilkin sürətlənmə kvarsdan 1,4 dəfə böyükdür. Bu o deməkdir ki, ilk 1-2 saniyə ərzində qalenitin və kvarsın bərabər düşən dənələrinin sürəti fərqli olacaq. Buna görə də, çökmə maşınında suyun qısa, lakin tez-tez təkrarlanan pulsasiyaları yaradılsa, düşən hissəciklərin son sürətləri deyil, yalnız ilkin sürətlənmə təzahür etdiyi qısa məsafələrdə məhdud düşmə üçün şərait yaradılacaqdır. Müasir zənginləşdirmə praktikasında, dənəli materialın döyülməsi mütləq ölçüyə görə ilkin təsnifatla həyata keçirilir və incə material (5-6 mm və daha incə) süni yataqdan istifadə edərək ilkin təsnifat olmadan zənginləşdirilir.

4.4. Çökmə maşınları

Hal-hazırda mineral emalda üç növ çökmə maşınları istifadə olunur: sabit ələkli (pistonlu), diafraqmalı və pistonsuz. Əlvan və nadir metal filizlərinin zəngin-

ləşdirilməsində və əsasən dəmir və manqan filizlərinin zənginləşdirilməsində hərəkət edən ələkli çökmə maşınları nadir hallarda istifadə olunur.



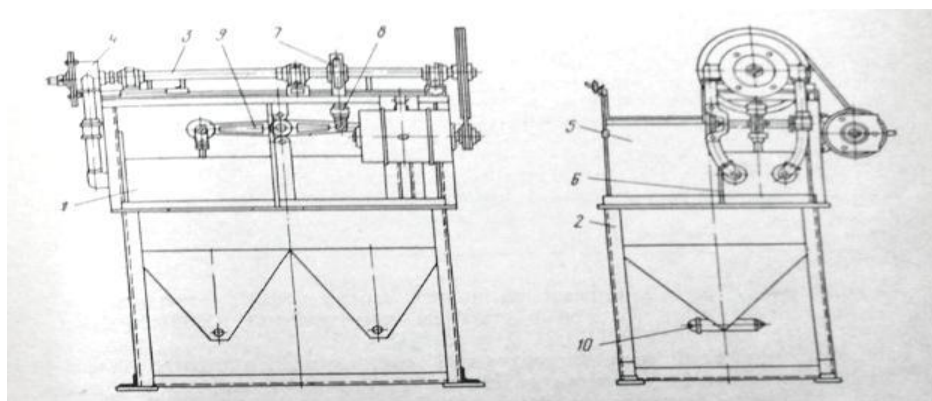
Şəkil 4.4.1. Sabit ələk ilə çökmə maşın

Şəkil 4.4.1.-də sabit bir ələk ilə bir piston çökmə maşınının işini nəzərdən keçirək. 1-ci kamerada kameranın dibinə çatmayan 2-ci bölmə var. Bu arakəsmə kameranı bir-birinə bağlı iki bölməyə bölür - piston və konsentrasiya. Porşen bölməsində piston 3 hərəkət edir ki, bu da eksentrik valdan 4-dən qarşılıqlı hərəkətləri qəbul edir. Filiz konsentrasiya bölməsinin 5-ci ələkinə daxil olur. Kamera su ilə doldurulur. Piston aşağıya doğru hərəkət edərkən, kameranın konsentrasiya bölməsində artan su axını yaranır, bunun sayəsində filiz hissəcikləri yüksəlir, təbəqə boşaldılır. Düşən zaman hissəciklər təbəqələşir - daha yüksək sıxlıqlı hissəciklər aşağı təbəqədə (ələkdə), daha yüngül hissəciklər isə yuxarı təbəqədə toplanır. Piston yuxarıya doğru hərəkət etdikdə, konsentrasiya bölməsində aşağıya doğru su axını yaranır ki, bu da ağır və yüngül hissəciklərin düşmə sürətlərindəki fərqi artıraraq ayrılmanı yaxşılaşdırır. Porşenli çökmə maşınları hal-hazırda filizlərin hazırlanmasında geniş istifadə edilmir, lakin bəzi emal zavodlarında işləyirlər.

Porşen və konsentrasiyası - piston çökmə maşını iki compartments bir arakəsmə ilə bölünür, kameralar bir sıradan ibarətdir. Porşen elektrik mühərriki ilə idarə olunan eksantrik mildən qarşılıqlı hərəkəti qəbul edir. Konsentrasiya bölməsində dəyirmi və ya düzbucaqlı deşikləri olan polad və ya sinklənmiş təbəqə olan bir ələk üfüqi şəkildə sabitlənir. Hər bir sonrakı kameranın ələkləri əvvəlkindən 100 mm aşağı quraşdırılmışdır. Отсадочная prosesində ağır minerallar bir ələkdən maşının konusvari hissəsinə düşür və yüngül minerallar maşının drenaj astanasından su axını ilə aparılır.

Pistonlu çökmə maşınları iki, üç və dörd kameralıdır. 2 mm-lik bir ələk açılışı ilə onlar 0,5 ilə 3,6 t/saat məhsuldarlığa malikdirlər. Diafraqma çökmə maşınları porşenli maşınlardan onunla fərqlənir ki, piston rezin diafraqma ilə əvəz olunur, onun şaquli (üfüqi) hərəkətləri pulpa vibrasiyası yaradır. Diafraqma aparatları qızıl, qalay, volfram və nadir metalların filizlərinin zənginləşdirilməsində geniş istifadə olunur. Bir neçə növ diafraqma maşınları istehsal olunur və diafraqmanın yerləşdiyi yerə görə fərqlənir: xüsusi bölmədə yuxarı yerlə, yan yerlə və kameranın altındakı tənzimləmə yeri ilə.

Ölçüsü 10 mm-ə qədər olan filizlərin təmizlənməsi üçün xüsusi bölmədə (OMD-1 və OMD-2) yuxarı diafraqması olan diafraqma cığır maşınları istifadə olunur.



Şəkil 4.5. Diafraqmanın yuxarı mövqeyi ilə OMD tipli diafraqma salma maşını

İlkin filiz su ilə birlikdə birinci kameranın ələkinə verilir, burada suyun davamlı pulsasiyası səbəbindən sıxlıq və incəlik baxımından təbəqələşir. Ağır filizlər süni

yataqdan və ələkdən keçərək kameranın konusvari dibinə yığılır, oradan vaxtaşırı və ya fasiləsiz olaraq boşaldıcı qurğu vasitəsilə boşaldılır. Yüngül fraksiyanın filizləri , eləcə də ağır fraksiyaların çökməmiş filizləri eşikdən suyun ikinci kameraya axması ilə həyata keçirilir, burada çökmə prosesi təkrarlanır və son tullantılar su ilə həyata keçirilir.

MOD-4 çökmə maşını diafraqmanın uyğun düzülüşünə malikdir. Maşın cüt-cüt birləşdirilmiş dörd kameradan ibarətdir.

Kameranın aşağı hissəsində diafraqma olan çökmə maşınları arasında filizləmədə ən çox istifadə olunan MOD-2, MOD-3 və MO-6 maşınlarını qeyd etmək lazımdır. Bu çökmə maşınları kameralardan ibarətdir, onların aşağı hissəsində konusvari diblər var, onlar kameraya rezin manjetlərlə bərkidilir. Konusvari diblər krank mexanizmi vasitəsilə elektrik mühərriki ilə idarə olunur. Diblər hərəkət etdikdə yüksələn və enən su axınları yaranır. Ağır hissəciklər konusvari diblərin aşağı hissəsində toplanır və vaxtaşırı boşalma deşiyi vasitəsilə boşaldılır, yüngül olanlar isə sonuncu kameranın drenaj astanasından su ilə ayrılır. Zərrəcik ölçüsü 15 mm-ə qədər olan filizin zənginləşdirilməsi üçün MOD-2 və MOD-3, hissəcik ölçüsü 0,1-2 mm-ə qədər olan MO-6 dəzgahından istifadə olunur.

Kömür, dəmir və manqan filizlərinin zənginləşdirilməsində porşensiz çökmə maşınları geniş istifadə olunur. 8 mm-dən çox olmayan hissəcik ölçüsü olan incə dənəli dəmir filizinin yaş sarğı üçün istifadə olunan MOBM-10 (OMR-1) maşınını nəzərdən keçirək.

Porşensiz çökmə maşını MOBM-10 ayrı-ayrı kameralara bölünmüş bir gövdədən ibarətdir. Hər bir kamera arakəsmə 3 ilə 1 və 2 hava ilə hərəkət edən iki bölməyə bölünür, süni yataq 4 ilə 10 m²-ə qədər sahəsi olan ələklər sabitlənir, onların vasitəsilə ağır fraksiya boşaldılır. Altındakı su, su kollektoru vasitəsilə maşına verilir 5. Hava bölməsinin üstündə, sürət qutusu vasitəsilə elektrik mühərriki ilə idarə olunan birbaşa axınlı fırlanan pulsatorlar 7 vasitəsilə maşını üfleyicidən sıxılmış hava ilə təmin edən bir hava kollektoru 6 var. Hava kollektorundan çökmə bölməsinə hava fırlanan pulsatorların fırlanması ilə verilir. Təchiz edilən hava, jigging bölməsində suyun pulsasiyasını təmin edir. Hidrosiklonlar 8 maşın kameralarının aşağı hissəsində

yerləşir kiçik ölçülü məhsul hidrosiklonların qum dəliklərindən boşaldılır və hidrosiklonların axıdılması su reaktiv nasosları ilə maşına qaytarılır.

4.5. Su axınında zənginləşdirmə

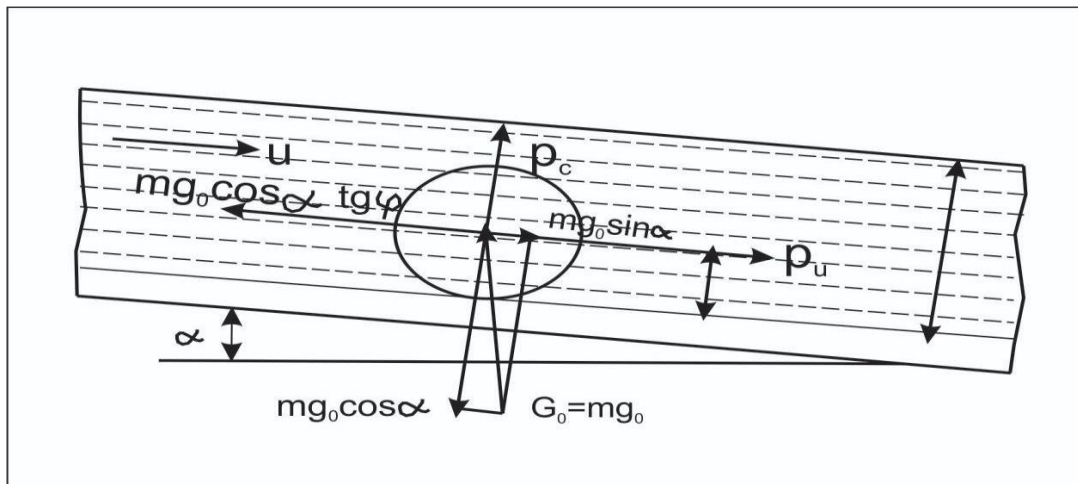
Zənginləşdirmənin qravitasiya üsulları arasında maili müstəvi boyunca axan su axınında zənginləşdirmə geniş yayılmışdır. Konsentrasiya masalarında, novçalarda, vintli və konuslu seperatorlarda aparılır. Bu qurğularda zənginləşdirmə prosesi filizi təşkil edən mineralların sıxlıqlarının fərqi və meyilli bir müstəvi boyunca axan su axınında sıxlıqlarında asılı olaraq aparılır.

Su axınında maili müstəvi ilə hərəkət edən sferik filiz aşağıdakı qüvvələrin təsirinə məruz qalır (şək. 4.5.1)

1. Şaquli sürət komponentinin dinamik hərəkəti

$$P_h = \Psi u_{cp}^2 d^2 \Delta$$

burada u_{cp} - şaquli komponentin orta sürətidir



Şəkil 4.5.1 Su axınında maili müstəvi boyunca sferik filizin hərəkətinin diaqramı

Filizin hərəkətinə əks istiqamətə yönəldilmiş sürtünmə qüvvəsi,

$$T = (mg_0 \cos \alpha - P_h) f = (mg_0 \cos \alpha - \Psi u_{cp}^2 d^2 \Delta) f$$

burada f - sürtünmə əmsalıdır. Bütün hərəkət edən qüvvələri nəzərə alaraq, filizin hərəkətinin diferensial tənliyi olacaqdır.

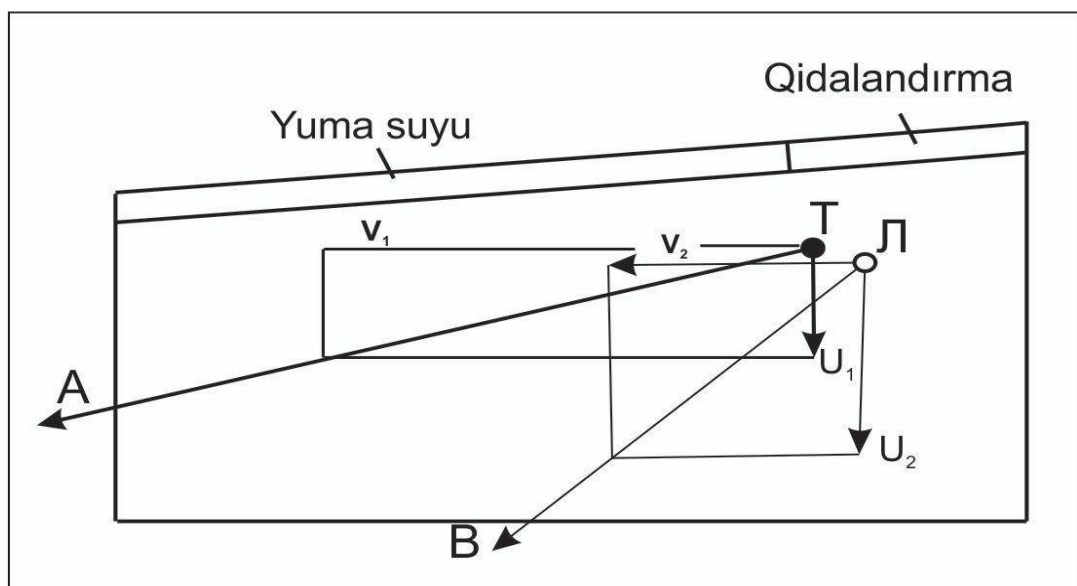
$$m \frac{dv}{dt} = mg_0 \sin \alpha + \Psi (v_{cp} - v)^2 d^2 \Delta - (mg_0 \cos \alpha - \Psi u_{cp}^2 d^2 \Delta) f =$$

$$= mg_0 \sin \alpha + \Psi (v_{cp} - v)^2 d^2 \Delta - mg_0 \cos \alpha f + \Psi u_{cp}^2 d^2 \Delta f$$

4.6. Konsentrasiya masalarında zənginləşdirmə

Konsentrasiya masaları qalay, volfram, qızıl tərkibli filizlərin, nadir metalların filizlərinin və 4 mm-dən çox olmayan hissəciklərin zənginləşdirilməsi üçün istifadə olunur. Hidravlik təsnifatdan sonra, hər bir sinifdə yüngül mineral dənələr ağır mineral dənələrlə eyni düşmə sürətinə malikdir, bütün ağır mineral dənələr minimum yüngül mineral dənədən kiçikdir. Bu, masanın üzərindəki materialın təbəqələşməsi prosesini yaxşılaşdırır.

Masa hərəkət istiqamətinə perpendikulyar bir az düzbucaqlı və ya rombvari müstəvidir. Gövdənin bir tərəfində yerləşən mexanizmi ona üfüqi müstəvidə qarşılıqlı hərəkət haqqında məlumat verir. Masanın gövdəsi və ya göyertəsi diferensial şəkildə hərəkət edir, yəni irəli vuruşun başlanğıcında minimum sürətə və sonunda maksimuma malikdir; geriye dönərkən, göyertə vuruşun əvvəlində maksimum sürətə və sonunda minimuma malikdi



Şəkil 4.6.1. Konsentrasiya masasının səthində mineral dənələrin hərəkət sxemi

Masanın göyertəsində iki dənə təsəvvür edək: L - yüngül mineral dənə və T - ağır mineral dənə . Ətalət qüvvəsinin təsiri altında dənələr masa boyunca müxtəlif sürətlə hərəkət edəcəklər. Yüksək sıxlıqlı dənənin hərəkət sürəti yüngül dənənin hərəkət sürətindən daha böyük olacaqdır, yəni $v_1 > v_2$. Yuma suyunun təsiri altında ağır dənənin hərəkət sürəti, əksinə, yüngül dənənin hərəkət sürətindən az olacaq, $v_1 < v_2$. Ağır dənələr TA istiqamətində, yüngül dənələr isə LV istiqamətində. Bu vəziyyətdə ağır dənələr konsentrat olacaqdır.

Trafaretlərin hündürlüyü zənginləşdirilmiş filizin ölçüsü ilə müəyyən edilir və 6-12 mm-dir. Büzmələr ümumiyyətlə masanın göyertəsinə bütün səthinə quraşdırılmır.

Horra ilə verilən suya əlavə olaraq, göyertəyə yuyulma suyu verilir, onun miqdarı filizin ölçüsündən və göyertənin eninə meylinin bucağından asılıdır. Meyl bucağının artması ilə yuyulan suyun miqdarı artır.

Əgər filizin tərkibində ağır və yüngül mineralların qarşılıqlı böyümələri və ya aralıq sıxlıqlı mineral varsa, onda təbəqələşmə nəticəsində masanın göyertəsində məmulatların ventilyatoru əmələ gəlir.

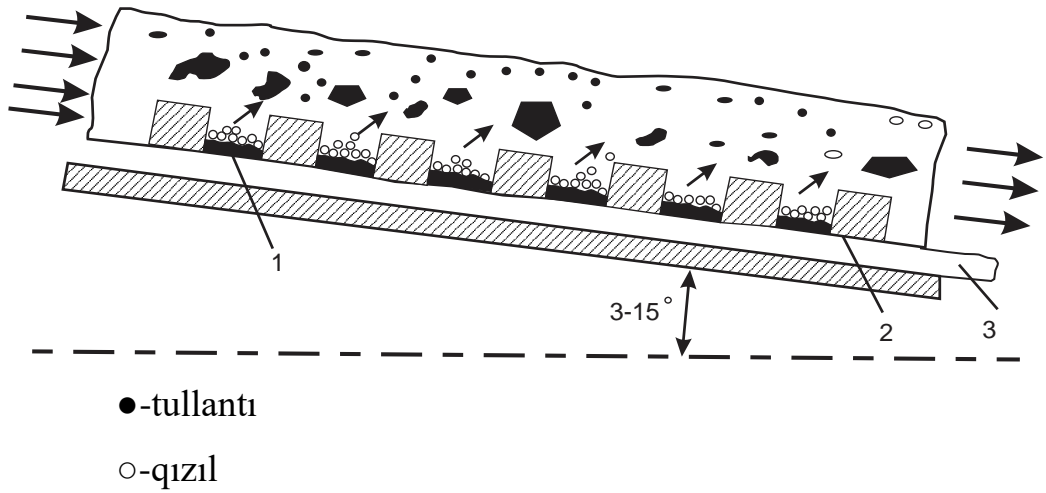
4.7. Novçalarda zənginləşdirmə

Qızıl, qalay, volfram və nadir metalların allüvial yataqlarının novçalarda zənginləşdirilməsi konsentrasiya masalarında zənginləşdirmə ilə eyni prinsipə əsaslanır. Hazırda sabit novçaların müxtəlif dizaynları istifadə olunur. Sabit novça ən sadə zənginləşdirmə aparatıdır, tərkibində çox az metal olan təsnif edilməmiş filizin zənginləşdirilməsi üçün çox effektivdir. Novça düzbucaqlı kəsiyi olan maili dar və uzun olur, onun dibinə trafaretlər və ya kobud örtüklər qoyulur, pulpa novça boyunca hərəkət edərkən ağır mineralları tutur.

Effektiv zənginləşdirmə novçaları üçün faydalı mineralların sıxlığı ilə tullantı süxurun mineralları arasında fərqin əhəmiyyətli olması lazımdır. $B:M=1 : (3 + 10)$ olan pulpa novçanın yuxarı ucuna verilir.

Novçadan keçərkən pulpa ayrılır: ağır minerallar trafaretlər arasında novçanın dibində cəmlənir.

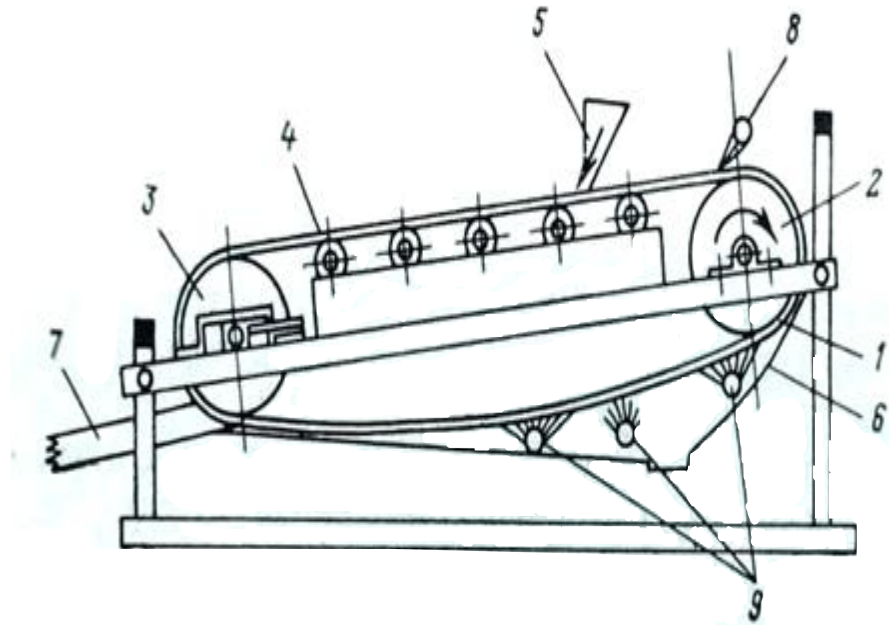
Axın dərinliyi 60 mm-dirsə, trafaretlərin hündürlüyü 30-50 mm olmalıdır.



Şəkil 4.7.1 Novçada hissəciklərin ayrılması

1 - konsentratlar: 2 trafaret: 3-mat

Öz növbəsində, axın dərinliyi zənginləşdirilmiş materialın ölçüsündən asılı olaraq seçilir və axındakı ən böyük parçanın ölçüsündən 1,5-3 dəfə böyük olmalıdır. Trafetlər arasındakı məsafə axın sürətindən asılıdır və təxminən 100 mm-dir. Trafetlər adətən ağacdən və ya metaldan hazırlanır.

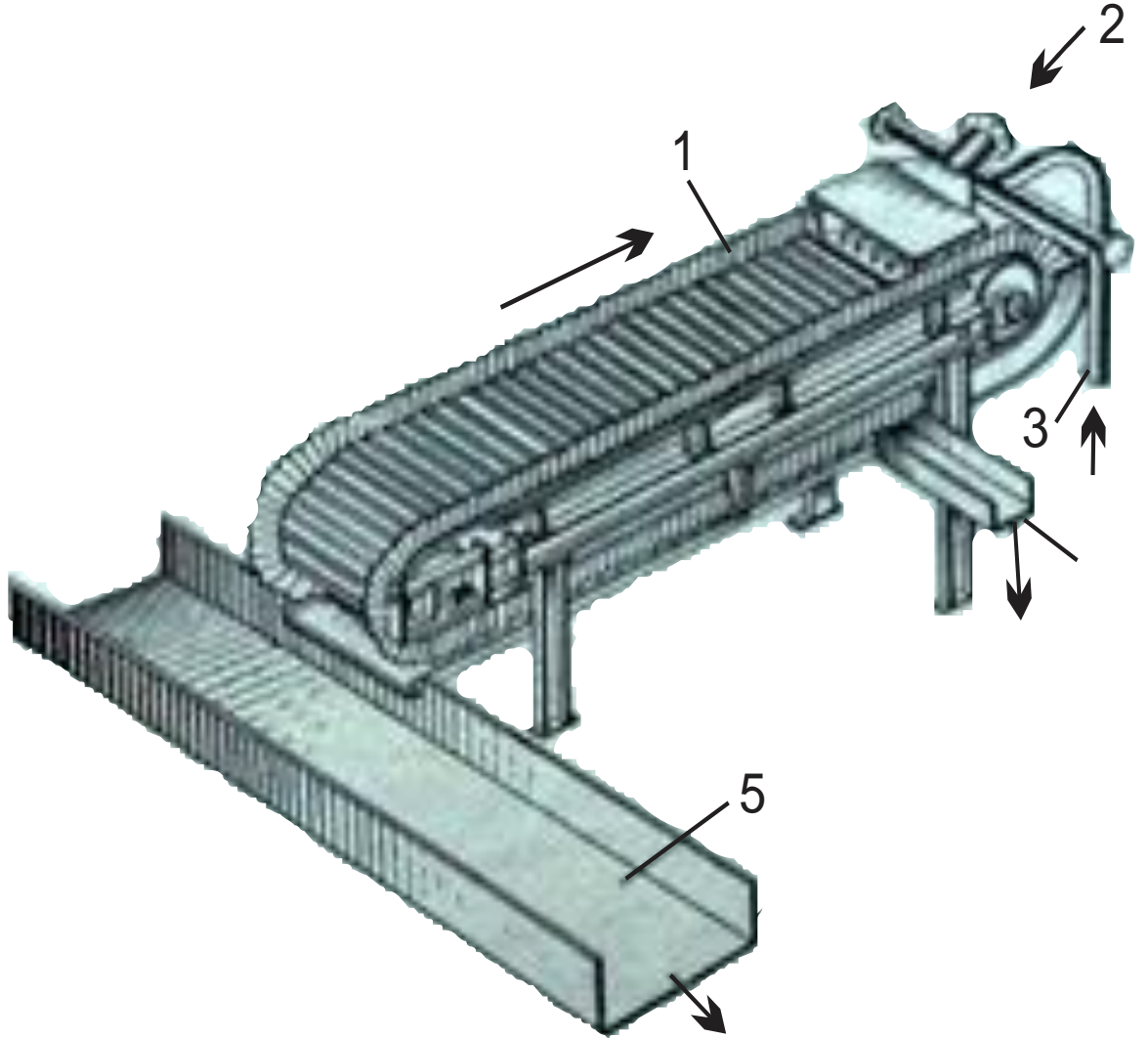


Şəkil 4.7.2 Lentli novça

Novça (şək.4.7.2) halqadan 2 hərəkət edən rezinləşdirilmiş kəmərdən və aşağı çarxdan ibarətdir. Lent aralığı silindirlər tərəfindən dəstəklənir .

Lentli novçaların bir variantı qızıl filizlərini zənginləşdirmək üçün quraşdırılan rezin örtüklü novçalardır. Novçanın əsas işçi hissəsi (şək. 4.7.3) 200 mm hündürlüyündə tərəfləri olan 810 mm genişlikdə bir parça rezin bantdır. Lentin daxili səthində düzbucaqlı hüceyrələr və eşiklər var. Lent sürət qutusu vasitəsilə elektrik mühərriki ilə idarə olunur və diametri 500 mm olan bir sürücü. Şluz 6° 30' bucaq altında quraşdırılmışdır. Pulpa lentin hərəkətinə doğru boru vasitəsilə hərəkət edir.

Novçalarda zənginləşdirmə zamanı su sərfi çox geniş diapazonda dəyişir: incə materialı zənginləşdirərkən və novçanın böyük yamacında su sərfi 1 m³ filiz üçün 3-10 m³, filizi isə 200-300 ölçülü zənginləşdirmə zamanı mm, su sərfi 1 m³ filiz üçün 20-30, bəzən isə 100 m³ suya çatır

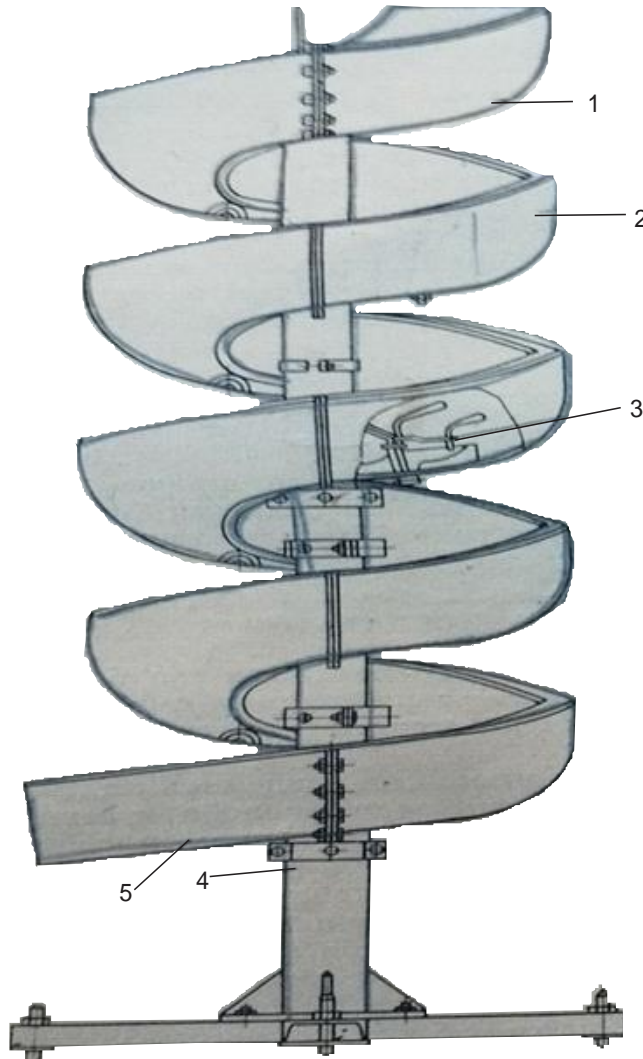


Şəkil. 4.7.3. Rezin örtüklü lentli novça

Ən müasir novçalar avtomatik çoxqollu novçalardır. Bu novçalar hissəcik ölçüsü 0,4-0,01 mm olan filizlərdən qızıl, kassiterit, volframit və s. çıxarmaq üçün istifadə olunur.

4.8 Müxtəlif növ seperatorlarda zənginləşdirmə Vintli seperatorlarda zənginləşdirmə

Filizlərin zənginləşdirilməsi üçün yüksək məhsuldarlığa malik vintli seperatorlardan getdikcə daha çox istifadə olunur. Bunlar çox sadədirlər. Vintli seperatorları iki növə bölmək olar: daim hərəkətdə olan vintli seperatorlar və tənzimlənən vintli seperatorlar.



Şəkil 4..8.1 Vintli seperator CBM-1200

Vintli separatorlarda hissəcik ölçüsü 4 ilə 0,25 mm arasında olan qiymətli minerallar yaxşı çıxarılır, daha kiçik minerallar daha pis tutulur və 0,074 mm-dən kiçik minerallar demək olar ki, çıxarılmır və daha böyük hissəciklərin çıxarılmasını pisləşdirir.

Konuslu seperatorlarda zənginləşdirmə. Cazibə qüvvəsinin zənginləşdirilməsi praktikasında, əsas elementi düz dibi olan daralma kanalı olan aparatlardan geniş istifadə olunur. Deşik adətən 16 ilə 22 ° bir aralıq ilə quraşdırılır. Tərkibində 40-65% olan pulpa, aşağı sürətlə vahid qalınlıq və eni olan bir jetdə kanalın yuxarı ucuna daxil olur. Deşik boyunca hərəkət edərkən, minerallar sıxlıqdan asılı olaraq təbəqələşir. Ağır minerallar aşağı yavaş axan pulpa təbəqəsində, yüngül olanlar isə yuxarı təbəqələrə aparılır. Daralan çuxurun sonundakı pulpa təbəqəsinin hündürlüyü artır və axın hündürlüyü boyunca ayrılan minerallar konsentrat, aralıq və tullantılar şəklində oluğun aşağı ucuna boşaldılır. Reaktiv kanalların üstünlüyü aşağıdakılardır: 1 m² işğal olunmuş əraziyə görə yüksək məhsuldarlıq (8 t/saat m³-ə qədər), hərəkət edən hissələrin olmaması, az su sərfi (1-1,5 m³/saat), sadə dizayn, istismarın tənzimlənməsi asanlıığı və prosesin avtomatlaşdırılmasının mümkünlüyü.

4.9. Ağır suspenziyalarda zənginləşdirmə

Zənginləşdirmə bəzi mineralların sıxlığından böyük və digər mineralların sıxlığından az olan ağır mayelərdə və ağır suspenziyalarda aparıla bilər. Sıxlığı mühitin sıxlığından az olan yüngül mineralların dənələri mühitin səthinə çıxır, sıxlığı mühitin sıxlığından böyük olan mineralların dənələri isə batır. Ağır mayelər (trikloroetan C₂HCl₂, dibromoetan C₂H₂Br₂, CHBr₂ bromoform, Rohrbach mayesi) və duz məhlulları (CaCl₂, ZnCl₂) zəhərli və yüksək qiymətə malik olduğundan laboratoriya işlərində əsasən istifadə olunur.

Ağır suspenziyalarda zənginləşdirmə sənayedə geniş istifadə olunur. Prosesin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, incə üyüdülmüş bir hissəcik və ya ağır hissəcik su ilə qarışdırılır və yüngül mineralların üzduyü və ağır olanların batdığı bir suspenziya meydana gətirir. Məsələn, sıxlığı 2,6 q/sm³ olan əhəngdaşı, kvars və dolomiti və 4 q/sm³-dən çox olan sulfid minerallarını ayırmaq üçün sıxlığı 2,8-3 q/sm³ olan

süspansiyondan istifadə etmək olar. Belə bir suspenziyada sulfid mineralları çökür və sulfid konsentratı əmələ gətirir, qanq mineralları isə tullantılar şəklində üzür və çıxarılır. Maqnetitdən Fe_3O_4 , sıxlığı 5200 kq/m^3 , sıxlığı 2600 kq/m^3 olan süspansiyon hazırlana bilər. Tez-tez bir ferrosilikon şlamının hazırlanmasında əlavə kimi xidmət edir.

Ağır suspenziyalarda zənginləşdirmə hissəcik ölçüsü 100-ə qədər və hətta 300 mm-ə qədər olan filizə məruz qalır. Bu üsulla zənginləşdirilmiş filizin ölçülərinin aşağı həddi 5-6 mm-dir və hidrosiklonlardan zənginləşdirmə aparatı kimi istifadə edildikdə isə filizi 0,3-0,5 mm-ə qədər ölçüdə zənginləşdirmək mümkündür.

4.10. Qravitasiyalı zənginləşdirmə sxemləri

Qravitasiya ilə zənginləşdirmə sxemləri zənginləşdirilmiş filizin xassələri ilə müəyyən edilir və hazırlıq, əsas və köməkçi proseslərin məcmusunu təmsil edir. Əksər hallarda qravitasiya ilə zənginləşdirmə sxemləri filizlərdən və laylardan faydalı mineralları tam və hərtərəfli çıxarmağa imkan verən müxtəlif aparatlardan istifadə etməklə çoxmərhələlidir. Beləliklə, məsələn, yayılmış qalay-kvars filizlərinin zənginləşdirilməsində adətən ilkin məhsulun müxtəlif ölçülərində qiymətli mineral kassiteriti təcrid etməyə imkan verən proseslərdən istifadə olunur. Zənginləşdirmədən əvvəl filiz 100 mm-ə qədər üç mərhələli əzməyə məruz qalır. Kassiterit və kvars üçün bərabər düşmə əmsalından istifadə etməklə, üyüdülmüş filizi süzməklə aşağıdakı siniflərə bölmək olar: I sinif -10 +2 mm; II sinif -2+0,4 mm; III sinif -0,440,1 mm və IV sinif -0,1 +0 mm. hər bir sinifdə material ölçüsünün intervalı vahidlik əmsalına uyğun olaraq maksimum təyin edilir. Çökmə maşınlarında işləyərkən bu intervalı aşmaq prosesi pisləşdirə bilər, dar təsnifat şkalası isə ən yüksək çökmə performansını təmin edir. Filizdə həmişə ara sıxlıqlı minerallar var, buna görə də praktikada daha dar ölçülü siniflər əldə etmək lazımdır.

Bizim vəziyyətimizdə qəbul edirik: I sinif -10 +4 mm; II sinif -4 +1,5 mm; III sinif -1,5 +0,5 mm; IV sinif -0,5 +0,2 mm və V sinif -0,2140 mm. İlk dörd sinifin hər biri fərdi rejimdə işləyən ayrıca çökmə maşınına daxil olur. Hər bir sinfin zənginləşdirilməsi nəticəsində əhəmiyyətli miqdarda aralıq məhsulu ehtiva edən

konsentrat, tullantılar və ara məhsul alınır. Aralıqlar qapalı dövrdə çubuqlu dəyirmə -0,2 mm incəliyə qədər ekranla yenidən üyüdülməyə və V sinfi ilə birlikdə yüksək tezlikli maşına yığılır və ya konsentrasiya masasında zənginləşdirilir.

Filizin qravitasiya ilə zənginləşdirilməsinin sadə sxeminə əsasən aşağı texnoloji göstəricilər alınır. Filizin ilkin süzgəcdən keçirilməsinin üç sinfə bölünməsinin tətbiqi, təsnifat drenajının zənginləşdirilməsi, tullantıxanalarda tullantıların təmizlənməsi və masalardakı aralıqların üçqat zənginləşdirilməsi volframın konsentratda çıxarılmasını artırmağa imkan verir. 20% -dən çox - tərkibi 0,3% WO₃, şeelit şəklində, 92% çıxarılması ilə 25% WO₃ olan konsentrat əldə edilir. Bu konsentratdan 40-50% WO₃ olan konsentrat və 0,025% WO₃ olan tullantı istehsal edilir.

4.11. Səpintilərin qravitasiyalı zənginləşdirilməsi

Qravitasiya üsulunun mahiyyəti çökdürmə üsulu ilə zənginləşdirilən materialı təşkil edən hissəcikləri xüsusi çəkilərindən asılı olaraq, təbəqə və ya qat-qat çökdürməkdir. Bu üsul çökdürücü maşınlarda aparılır.

Faydalı qazıntıların qravitasiya zənginləşdirilməsini, sıxlıqların fərqinə görə faydalı mineralların boş süxurlardan ayrılması üsulları təşkil edir. Bu üsul, faydalı qazıntıların zənginləşdirilməsinin ən qədim üsuludur.

Səpintilərin qravitasiya zənginləşdirilməsi XIX əsrin axırında və XX əsrin başlanğıcında ən geniş istifadə olunurdu. O zaman faydalı qazıntıların çıxarılması kəskin artmışdır. Xırda fraksiyaların zənginləşdirilməsində qravitasiya ilə müvəffəqiyyətlə rəqabət aparan flotasiya üsulu öz inkişafının ilk addımlarını atırdı. Qravitasiya üsulu öz aktuallığını bu günə kimi itirməyib.

NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR

1. Flotasiyalı zənginləşdirmə üsullarının nəzəri əsasları və termodinamikası, islanmanın kənar bucağı, histerezisi və s. araşdırılıb.
2. Flotasiya prosesinin kinetikasi və modelləşdirilməsi araşdırılaraq analiz edilib.
3. Flotasiya reagentləri araşdırılıb.
4. Müxtəlif növ reagentlər və onların təsir mexanizmi araşdırılıb.
5. Flotasiyalı zənginləşdirmə texnologiyası araşdırılıb.
6. Mərhələli flotasiya sxemləri analiz edilib.
7. Müxtəlif növ filizlərin flotasiyası araşdırılıb.
8. Flotasiya maşınları araşdırılıb.
9. Qravitasiyalı zənginləşdirmə üsulları və proseslərinin nəzəri əsasları araşdırılıb.
10. Çökmə prosesi və maşınları araşdırılıb.
11. Qravitasiya sxemləri araşdırılıb.
12. Səpintilərin qravitasiyalı zənginləşdirmə prosesləri analiz edilib.

İSTİFADƏ OLUNAN ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. R.V.İslamov və b “Filizlərin zənginləşdirilməsi”. Bakı 2008.
2. R.V.İslamov “Flotasiyalı zənginləşdirmə”. Mühazirə konspekti. 2020.
3. Полькин С.И., Адамов Э.В. “Обогащение руд цветных металлов”. Москва 2003.
4. Э.В. Адамов “ Обогащение руд цветных и редких металлов ”. Часть II. Москва 2004.
5. Абрамов А.А. “ Технология обогащение руд цветных металлов ” . Москва 2003.
6. Разумов К.А., Перов В.А. “ Проектирование обогатительных фабрик ” . Москва 2002.
7. А.А. Абрамов “ Флотационные методы обогащения ” . Москва 2004.
8. А.А. Абрамов “ Обогащение руд цветных и редких металлов ” . Москва. Недра. 2001.
- 9.В.А.Бочаров, В.А.Игнаткина “ Технология обогащения полезных ископаемых ”. 2 том. Москва. 2007.
10. R.V.İslamov “Faydalı qazıntıların zənginləşdirilməsi“ В 2022. mühazirə konspekti.
11. R.V.İslamov “Dağ-mədən mэдən mühəndisliyinə giriş” В. 2020. mühazirə konspekti.
12. Глетдоцкий и др. Флатоционные методы обогащения М. 2011.
13. Мещеряков Н.Ф Флотоционные машины и аппараты М. 2012.
14. Физико - Химические основы теории флотации. О.С.Богданов и др. М. 2003.
15. R.V.İslamov “Qravitasiyalı zənginləşdirmə” üsulu.
16. R.V.İslamov “Flotasiyalı zənginləşdirmə” və s. fənlərin mühazirə materialı.