

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

HACIYEV KƏMALƏDDİN RASİM OĞLU
QASIMOV NURLAN XANBALA OĞLU
PAŞAYEV ASİM VÜQAR OĞLU
ABDURAHMANOVA ŞƏFİQƏ YUSİF QIZI

**“FAYDALI QAZINTILARIN ELEKTRİK VƏ MAQNİT
ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏ ÜSULLARI İLƏ İLKİN EMALİ TEXNOLOJİ
REJİMLƏRİNİN TƏDQIQI”**

İxtisas - 050605- Dağ-mədən mühəndisliyi ixtisasının
“Faydalı Qazıntıların Zənginləşdirilməsi” ixtisaslaşdırılması üzrə

MAGİSTR DİSSERTASİYASI

Elmi rəhbər: t.e.n., dosent

Mənsimov Akif

BAKİ - 2023

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ	4
I FƏSİL FAYDALI QAZINTILARIN ELEKTRİK ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏ ÜSULLARI. ƏDƏBİYYAT İCMALI	7
1.1.Müxtəlif faydalı qazıntıların istifadə edilməsində zənginləşdirmənin əhəmiyyəti və rolu.....	7
1.2.Faydalı qazıntıların zənginləşdirilməsi üsulları və prosesləri. Tətbiq sahələri.....	10
1.3.Elektirik zənginləşdirmənin nəzəri əsasları.....	12
1.4.Elektrostatik ayırma üsulu.....	14
1.5.Elektrostatik separator növləri.....	15
1.6.Tribostatik separator.....	16
1.7.Keçirici və qeyri-keçirici minerallar.....	17
1.8.Elektrostatik ayırmadan əvvəl mineral hissəciklərə statik elektrik yüklənməsi üsulları.....	19
II FƏSİL FAYDALI QAZINTILARIN ELEKTRİK ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏ ÜSULLARININ MAŞINLARI	24
2.1. Elektrostatik separator.....	24
2.2. Tac-elektrostatik separatorlar.....	28
2.3. Piroelektrik separator.....	28
2.4. Dielektrik separator.....	30
2.5. Elektrik separatorunun texnoloji parametrləri.....	31
2.6. Elektrik zənginləşdirilməsinin avadanlıqları və proseslərin seçilməsi.....	32
2.7. Elektrik zənginləşdirilmə sxemləri.....	33
III FƏSİL FAYDALI QAZINTILARIN MAQNİT ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏ ÜSULLARI	36
3.1. Faydalı qazıntıların maqnit zənginləşdirilmə üsulları.....	36
3.2. Maqnit zənginləşdirmənin nəzəri əsasları.....	38

IV FƏSİL MAQNİT ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏ ÜSULLARI İLƏ İLKİN EMALİ TEXNOLOJİ REJİMLƏRİNİN TƏDQIQI.....	44
4.1. Maqnit zənginləşdirmədən əvvəl filizlərin hazırlanması.....	44
4.2. Filizlərin maqnit zənginləşdirilməsi.....	46
4.3. Separatorların maqnit sahələri.....	55
NƏTİCƏ.....	58
ƏDƏBİYYAT.....	59

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı: Faydalı qazıntılar metalların, bir çox növ xammalların, yanacaqların, tikinti materiallarının alınması mənbəyidir. Faydalı qazıntılar, təbii formada və ya ilkin emaldan sonra texnologiyanın müasir vəziyyətində xalq təsərrüfatında kifayət qədər səmərəli istifadə edilə bilən üzvi və qeyri-üzvi mənşəli təbii mineral maddələrdir.

Tədqiqatın məqsədi: Faydalı qazıntıların xalq təsərrüfatında geniş istifadəsinə baxmayaraq, onlardan yalnız bəzilərinə təbiətdə elə formada rast gəlmək olur ki, onlar əvvəlcədən xüsusi emal edilmədən (zənginləşdirilmədən) istifadə oluna bilər. Buna görə də, müəyyən faydalı qazıntı yatağının işlənməsi əksər hallarda üç mərhələdən ibarətdir: hasilat, zənginləşdirmə və sonradan emalı və ya zənginləşdirmə məhsullarının birbaşa istifadəsi.

Tədqiqatın predmeti və obyektı: Faydalı qazıntılar bərk, maye və qaz halında olur. Zənginləşdirmə obyektı bərk faydalı qazıntılardır.

Faydalı qazıntıların zənginləşdirilməsi yataqlardan çıxarılan mineral xammalın ilkin emalı üçün proseslərin məcmusudur ki, bunun nəticəsində faydalı mineralların boş süxurdan ayrılması (zəruri olduqda isə onların qarşılıqlı ayrılması) baş verir. Zənginləşdirmə nəticəsində konsentratlar adlanan bir və ya bir neçə məhsul alınır. Konsentratdakı qiymətli komponentin tərkibi onun ilkin xammaldakı tərkibi ilə müqayisədə xeyli yüksəkdir (bəzən onlarla dəfə). Qiymətli komponentin böyük hissəsi bir məhsula (konsentrata) keçdiyi üçün zənginləşdirmə prosesində əldə edilən və tullantı (quyruq) adlanan başqa digər məhsul kasıblaşır. Tullantıların tərkibində əsasən qiymətli komponentlərin əhəmiyyətsiz payı var ki, onların çıxarılması hazırkı zənginləşdirmə səviyyəsində çətin və ya iqtisadi cəhətdən səmərəsizdir. Buna görə də, texnologiya səviyyəsinin və zənginləşdirmə texnologiyasının müvafiq inkişafı ilə tullantılar sonrakı emal üçün xammal, bəzən hətta müəyyən bir məqsəd üçün son məhsul ola bilər.

Elmi yenilik: Dissertasiya işində faydalı qazıntıların elektrik və maqnit zənginləşdirilmə üsulları ilə ilkin emalı texnoloji rejimləri araşdırılmışdır. Azərbaycan

Respublikasında maqnit tərkibli filizlərin yeni separatorlarla daha səmərəli zənginləşdirilməsi üçün müəyyən yollar araşdırılmışdır.

Təcrübi əhəmiyyəti: Dissertasiya işində olan zənginləşdirmənin nəticələri məhsuldarlığının artırılmasına, maliyyə xərclərinin azaldılmasına, ətraf mühitin səmərəli şəkildə qorunmasına və s. əməliyyatlara imkan yaradır.

İşin müzakirəsi: Magistr dissertasiyası Metallurgiya və materiallar texnologiyası kafedrasında məruzə və müzakirə edilmişdir.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

HACIYEV KƏMALƏDDİN RASİM OĞLU

**“FAYDALI QAZINTILARIN ELEKTRİK VƏ MAQNİT ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏ
ÜSULLARI İLƏ İLKİN EMALİ TEXNOLOJİ REJİMLƏRİNİN TƏDQIQI”**

İxtisas - 050605- Dağ- mədən mühəndisliyi ixtisasının

“Faydalı Qazıntıların Zənginləşdirilməsi” ixtisaslaşdırılması üzrə

MAGİSTR DİSSERTASIYASI

Elmi rəhbər: t.e.n., dosent

Mənsimov Akif

BAKİ - 2023

I FƏSİL FAYDALI QAZINTILARIN ELEKTRİK ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏ ÜSULLARI. ƏDƏBİYYAT İCMALI

1.1. Müxtəlif faydalı qazıntıların istifadə edilməsində zənginləşdirmənin əhəmiyyəti və rolu

Faydalı və ya qiymətli komponent o elementə və ya təbii minerala deyilir ki, bu mineralın alınması məqsədi ilə həmin faydalı qazıntı çıxarılır (məsələn, mis – mis filizlərində, qurğuşun və sink - qurğuşun-sink filizlərində, dəmir – dəmir filizlərində və s.). Əsas komponentlərdən başqa faydalı qazıntılarda adətən qatışıqlar adlanan digər komponentlər də ola bilər. Onlar faydalı və zərərli ola bilərlər. Faydalı mineralların tərkibində az miqdarda olan və sonradan zənginləşdirmə məhsullarından çıxarıla bilən və ya bu məhsullarda mövcud olmaqla onun keyfiyyətini yaxşılaşdırabilən elementlər və ya təbii birləşmələr faydalı qatışıqlar adlanır (məsələn, vanadium, volfram, manqan, molibden və xrom dəmir filizlərində dəmir əridilməsi zamanı onun keyfiyyətini yaxşılaşdırır).

Zərərli qatışıqlar – faydalı qazıntılarda olması onun keyfiyyətini aşağı salan elementlər və ya təbii birləşmələrdir (məsələn, dəmir filizlərində və koklaşan kömürdə kükürdün və fosforun olması onların keyfiyyətini kəskin şəkildə azaldır). Faydalı qazıntının və ya ondan çıxarılan konsentratın keyfiyyəti onun tərkibindəki qiymətli komponentlərin, qatışıqların miqdarı və bəzi xüsusi hallarda onun komponentlərinin ölçüsü (iriliyi) ilə müəyyən edilir. Faydalı komponentin tərkibi nə qədər yüksək və zərərli qatışıqın miqdarı nə qədər az olarsa, mineralın və ya ondan alınan məhsulların keyfiyyəti bir o qədər yüksək olar.

Bəzi faydalı qazıntıların (dəmir, xrom və digər filizlərin) ölçüsü onların keyfiyyətinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Bu faydalı qazıntıların çeşidlənməsi və xırdaların yığılması onların keyfiyyətini yaxşılaşdırır, onlardan ən səmərəli istifadə etməyə imkan verir. Odur ki, məhsullarda faydalı komponentlərin miqdarında artım

müşahidə olunmayan çeşidləmə və aqlomerasiya prosesləri də şərti olaraq zənginləşdirməyə aid edilə bilər.

Faydalı qazıntıların zənginləşdirilməsinin əhəmiyyəti təkcə bir çox hallarda yalnız ondan sonra sonrakı texnoloji proseslərin (metallurgiya, kimya və s.) mümkün olması ilə deyil, həm də zənginləşdirilmiş məhsulun emalının təbii məhsulla müqayisədə daha böyük iqtisadi mənfəətlə həyata keçirilməsi ilə müəyyən edilir: emal olunan materialın həcmi azalır, hazır məhsulların keyfiyyəti yaxşılaşır, qiymətli komponentin istehsal tullantıları ilə itkisi və xammalın daşınması xərcləri azalır, əmək məhsuldarlığı artır, yanacaq və elektrik enerjisi xərcləri azalır və s.

Məsələn, dəmir filizi konsentratında dəmirin miqdarının 5% artması (60,3-dən 65,3%-ə qədər) domna sobasının məhsuldarlığını 24,3% artırır, koks istehlakını 13,5% və demək olar ki, flyüs xərclərini iki dəfə azaldır. Beləliklə bir ton çuqunun zavod maya dəyəri 9-10% aşağı düşür.

Koksun kül tərkibinin 1% azaldılması onun çuqun əridilməsində sərfini 2,5%, əhəngdaşı – 2% azaldır və domna sobalarının məhsuldarlığını 2,5% artırır. Koksun tərkibindəki kükürdün 0,1% azaldılması dəmir əridilməsi zamanı koksun sərfini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır və domna sobalarının məhsuldarlığını 1 – 1,5% artırır. Kokslaşma məqsədləri üçün kömürlərdə rütubətin 1% artması koks sobalarının məhsuldarlığını 3-4% azaldır və hörgülərin aşınmasını sürətləndirir.

Bundan əlavə, filizlərdə metalların miqdarı az olduqda, onları zənginləşdirmədən filizdən birbaşa əritmək ümumiyyətlə mümkün deyil, çünki bu halda metal demək olar ki, tamamilə şlaklara keçəcək və itiriləcəkdir.

Qazılmış filizlərdə faydalı komponentlərin tərkibi ildən-ilə durmadan azalır. Sənaye istifadəsi üçün faydalı komponentlərin tərkibində getdikcə zəif olan və tərkibi mürəkkəb olan faydalı qazıntılar istifadə olunur. Buna görə də 1 ton konsentrat əldə etmək üçün hasil edilən və emal olunan filiz kütləsinin həcmi daim artır.

Aşağıdakı cədvəldə zənginləşdirmə tələb edən filiz və konsentratlarda metalların tərkibinə dair bəzi məlumatlar verilmişdir:

Zənginləşdirmə tələb edən filiz və konsentratlarda metalların tərkibi - Cədvəl 1.1

Əki ərkibi,%								

Bərk faydalı qazıntıların bütün müxtəlifliklərindən aşağıdakı əsas qrupları ayırmaq olar:

- metal – qara, əlvan, nadir, qiymətli və digər metalların istehsalı üçün xammal kimi xidmət edən filizlər;
- qeyri-metal - qeyri-metal elementlərin və birləşmələrin, tikinti materiallarının, keramika, abraziv və digər materiallar almaq üçün filizlər;
- yanacaq və ya kimyəvi xammal kimi istifadə olunan yanan faydalı qazıntılar (kömür, şist, torf).

Faydalı qazıntıların zənginləşdirilməsi texnologiyası zənginləşdirmə fabriklərində həyata keçirilən bir sıra ardıcıl əməliyyatlardan ibarətdir. Zənginləşdirmə fabrikləri faydalı qazıntıların zənginləşdirmə üsulları ilə emal edildiyi və onlardan tərkibində qiymətli komponentlərin miqdarı çox və zərərli qatışıqların miqdarı az olan olan bir və ya bir neçə kommersiya məhsulunun alındığı sənaye müəssisələridir. Müasir zənginləşdirmə fabrikləri, faydalı qazıntıların emalı üçün kompleks, bir qayda olaraq, yüksək texnoloji sxemi olan mexanikləşdirilmiş və avtomatlaşdırılmış bir müəssisədir.

1.2. Faydalı qazıntıların zənginləşdirilməsi üsulları və prosesləri. Tətbiq sahələri

Zənginləşdirmə fabriklərində faydalı qazıntılar fabrikin texnoloji prosesində təyinatına görə hazırlıq, zənginləşdirmə və köməkçi proseslərə bölünən ardıcıl emal proseslərinə məruz qalır. Hazırlıq əməliyyatlarına adətən əzmə, üyütmə, süzmə və təsnifləşdirmə, yəni zənginləşdirmə prosesində onların sonrakı ayrılması üçün əlverişli olan müxtəlif mineral tərkibli hissəciklərin mexaniki qarışığının əmələ gəlməsi və mineralların aşkarlanması ilə nəticələnən proseslər, habelə mədənlərdə, karxanalarda və konsentrasiya zavodlarında həyata keçirilə bilən faydalı qazıntıların orta vəziyyətə gətirilməsi əməliyyatları aiddir.

Əsas zənginləşdirmə proseslərinə faydalı mineralların konsentratlara, boş süxurların isə tullantılara ayrıldığı fiziki və fiziki-kimyəvi prosesləri daxildir. Bir zənginləşdirmə mərhələsində faydalı komponentin kifayət qədər yüksək tərkibli konsentrat və faydalı komponentin zəif tərkibi olan tullantı əldə etmək həmişə mümkün olmadığından zənginləşdirmə əməliyyatları təkrarlanır. Konsentratın yenidən zənginləşdirilməsi əməliyyatları təmizləmə (və ya yenidən təmizləmə), tullantılardan faydalı komponentin əlavə olaraq çıxarılması ilə bağlı əməliyyatlar isə nəzarət adlanır. Son məhsul olmayan zənginləşdirmə məhsulları aralıq məhsullar adlanır.

Köməkçi proseslərə zənginləşdirmə məhsullarından nəmin çıxarılması prosesləri daxildir. Bu cür proseslər məhsulların nəmliyini müəyyən edilmiş normalara çatdırmaq üçün həyata keçirilən susuzlaşdırma adlanır. Köməkçi proseslərə sənaye tullantı sularının təmizlənməsi (təkrar istifadə və ya ictimai su obyektlərinə axıdılması üçün) və toz toplama prosesləri, yəni atmosfərə buraxılmazdan əvvəl havanın təmizlənməsi prosesləri daxildir.

Zənginləşdirmə fabriklərində istifadə olunan bütün proseslərdən ən çox enerji tələb edən və əhəmiyyətli material xərcləri tələb edən hazırlıq (əzmə, üyütmə, süzmə, təsnifat) işləridir (məsələn, polimetal filizlərin emalı zamanı ümumi dəyərin təxminən yarısını təşkil edir). Enerji sərfiyyatı və emal üçün ümumi məsrəflər dəmir filizlərinin maqnit

zənginləşdirmə fabriklərində bu xərclər daha yüksəkdir və 60%-ə çatır. Faktiki zənginləşdirmə prosesləri ümumi xərclərin yalnız üçdə birini təşkil edir.

Mineralları zənginləşdirərkən onların fiziki və fiziki-kimyəvi xassələrindəki fərqlərdən istifadə edilir ki, bunlardan rəng, parlaqlıq, bərklik, sıxlıq, parçalanma, qırılma, maqnit, elektrik və bəzi digər xassələri vacibdir.

Mineralların rəngi müxtəlifdir. Rəng fərqi filizin əllə çeşidlənməsi və ya kömürdən süxur nümunələrinin götürülməsi və digər emal növləri zamanı istifadə olunur.

Mineralların parlaqlığı onların səthlərinin təbiəti ilə müəyyən edilir. Parlaqlıq fərqi, əvvəlki vəziyyətdə olduğu kimi, əl ilə filiz yığmaqda və ya kömürdən qaya nümunələrinin götürülməsində və ya digər emal növlərində istifadə edilə bilər.

Müəyyən filizlərin, eləcə də kömürlərin əzilməsi və zənginləşdirilməsi üsulları seçilərkən faydalı qazıntıları təşkil edən mineralların bərkliyi vacibdir. Bərkliyi az olan minerallar daha çox bərkliyə malik minerallardan daha sürətlə əzilir və üyüdülmür. Selektiv əzmə və ya üyütmə tətbiq etməklə, bu cür mineralların sonradan ayrılmasını həyata keçirmək mümkündür.

Mineralların sıxlığı geniş miqyasda dəyişir. Faydalı mineralların və tullantı süxurlarının sıxlıq fərqi filizlərin və kömürlərin zənginləşdirilməsində geniş istifadə olunur. Mineralların parçalanması onların ciddi şəkildə müəyyən edilmiş istiqamətlərdə təsirlərdən ayrılması və parçalanmış müstəvilər boyunca hamar səthlər əmələ gətirmə qabiliyyətindən ibarətdir. Parçalanma əzmə və üyütmə üsullarının seçilməsi, eləcə də zənginləşdirmə məhsullarından xırdalanmış materialların süzülmə və təsnifat yolu ilə çıxarılması üçün vacibdir. Zənginləşdirmə proseslərində qırılma mühüm praktiki əhəmiyyət kəsb edir, çünki əzmə və üyüdülmə nəticəsində alınan mineralın səthinin təbiəti elektrik və digər üsullarla zənginləşdirməyə təsir göstərir.

Mineralların maqnit xassələri müxtəlif intensivliyə malik maqnit sahəsində müxtəlif maqnit qavrayıcılığına malik mineralların zənginləşdirilməsində istifadə olunur.

Mineralların elektrik xassələri elektrik sahəsində hərəkət edərkən mineral hissəciklərin elektrik və mexaniki qüvvələrin təsirinə fərqli münasibəti ilə əlaqəli elektrik zənginləşdirmə üsullarında istifadə olunur.

Mineral hissəciklərin səthinin fiziki-kimyəvi xassələri onların su mühitinə fərqli münasibətindən və kimyəvi maddələrin (reagentlərin) onlara təsirindən ibarət flotasiya proseslərində istifadə olunur.

Faydalı qazıntıların tərkibinə daxil mineralların xassələri və onların zənginləşmə üsulları aşağıda verilmişdir:

Rəng, parlaqlıq	Seçmə və ya süxur nümunələrinin götürülməsi
İriliklə birləşən sıxlıq	Qravitasiya ilə zənginləşmə
Səthin fiziki və kimyəvi xassələri	Flotasiya
Maqnit qavrayıcılığı	Maqnit zənginləşdirmə
Elektrik xassələri	Elektrik zənginləşdirmə
Radioaktivlik	Radiometrik ayırma
Sürtünmə əmsalı	Sürtünmə ilə zənginləşdirmə
Elastiklik	Elastikliklə zənginləşdirmə
Forma	Forma ilə zənginləşdirmə
Bərklik, möhkəmlik	Xırdalama

1.3. Elektrik zənginləşdirmənin nəzəri əsasları

Elektrik zənginləşdirmə üsulları ayrılmış mineralların elektrik xassələrindəki fərqlərə əsaslanır və elektrik sahəsinin təsiri altında həyata keçirilir. Elektrik üsulları, digər üsullarla zənginləşdirilməsi iqtisadi və ya ekoloji səbəblərə görə çətin və ya qəbul edilməz olan kiçik (5 mm) quru toplu materiallar üçün istifadə olunur. Mineralların bir çox elektrik xüsusiyyətləri sənaye ayırıcılarını iki növə ayırır: elektrik keçiriciliyi və triboelektrik effekt. Laboratoriya şəraitində keçiricilik fərqiindən, piroelektrik effektdən

də istifadə edilə bilər. Elektrik keçiriciliyindən asılı olaraq bütün minerallar şərti olaraq üç qrupa bölünür: keçiricilər, yarımkeçiricilər və qeyri-keçiricilər (dielektriklər).

Keçirici minerallar yüksək elektrik keçiriciliyi ilə xarakterizə olunur. Bunlara yerli metallar, qrafit, bütün sulfid mineralları daxildir. Yarımkeçiricilər daha aşağı elektrik keçiriciliyinə malikdirlər, onlara hematit, maqnetit, qranat və s. daxildir. Dielektriklər, keçiricilərdən fərqli olaraq, çox yüksək elektrik müqavimətinə malikdirlər. Dielektriklərə çoxlu sayda minerallar, o cümlədən almaz, kvars, mika, yerli kükürd və s. aiddirlər.

Triboelektrik effekt bir hissəciyin başqa bir hissəcikle və ya aparatın divarları ilə toqquşması və sürtünməsi zamanı onun səthində elektrik yükünün yaranmasıdır. Dielektrik ayırma, ayrılan mineralların keçiriciliyi arasında keçiricilik aralığı olan dielektrik mühitdə qeyri-homogen elektrik sahəsində müxtəlif dielektrik keçiriciliyə malik hissəciklərin trayektoriyalarının fərqi əsaslanır. Piroelektrik ayırma zamanı qızdırılan qarışıqlar soyuq baraban (elektrod) ilə təmasda soyudulur. Qarışığın bəzi komponentləri qütbləşir, digərləri isə yüksüz qalır.

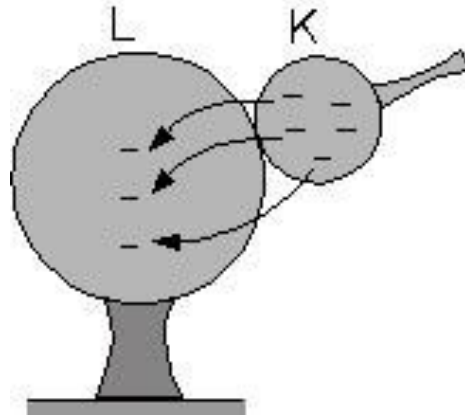
Elektrik yolu ilə zənginləşdirmənin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, elektrik sahəsində müxtəlif yüklü hissəciklər fərqli bir qüvvənin təsirinə məruz qalır, buna görə də müxtəlif trayektoriyalar boyunca hərəkət edirlər. Elektrik sahəsində təsir edən əsas qüvvə Kulon qüvvəsidir:

$$F = QE$$

Burada Q hissəciyin yükü, E sahənin intensivliyidir. Elektrik ayırma prosesini şərti olaraq üç mərhələyə bölmək olar: materialın ayrılması üçün hazırlanması, hissəciklərin yüklənməsi və yüklü hissəciklərin ayrılması.

Yüklənmiş cismə neytral cisim toxunduqda, onlar cari yükü bölüşürlər və neytral obyekt yüklənir. Bu cür yükləməyə toxunma ilə elektricləşmə deyilir. Şəkildə (–) yüklü K sferası neytral L sferasına toxunduqda K-dən L-ə elektron keçidi baş verir və sonra onlar tarazlığa gəlirlər. Yüklənmiş cisimlərə toxunduqdan sonra onların son yükü

kürələrin tutumlarından asılıdır. Kürələrin tutumları radiusla mütənasib olduğundan, onlar ümumi yükü radiuslarına mütənasib olaraq bölüşürlər.



Şəkil 1.3.1. Toxunma ilə elektirikləşmə

Hissəciklərin yüklənməsi (elektrikləşdirilməsi) müxtəlif üsullarla həyata keçirilə bilər: a) kontaktın elektrikləşdirilməsi mineral hissəciklərin yüklənmiş elektrodla birbaşa təması ilə həyata keçirilir; b) ionlaşma yüklənməsi hissəciklərin mobil ionlara məruz qalmasından ibarətdir; ionların ən çox yayılmış mənbəyi korona cərəyanıdır; c) triboelektrik effektə görə hissəciklərin yüklənməsi. Materialları elektrik keçiriciliyinə görə ayırmaq üçün elektrostatik, korona və korona-elektrostatik separatorlardan istifadə olunur. Dizaynına görə, baraban ayırıcıları ən çox istifadə olunur.

1.4. Elektrostatik ayırma üsulu

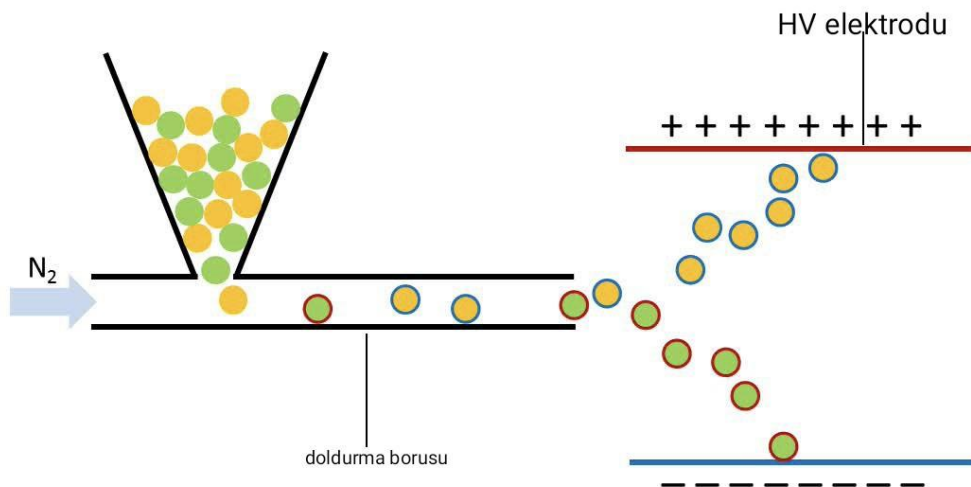
Əsasən, mineralların keçiricilik fərqi ilə görə edilən ayırma prosesidir. Elektrostatik ayırmada mineralların elektronları qəbul etmə, vermə və ya müvəqqəti saxlama xüsusiyyətləri vacibdir. Effektiv əsas qüvvələr bunlardır; elektrostatik qüvvə (itələmə-çəkmə), cazibə qüvvəsi, mərkəzdənqaçma və dənələr arasındakı sürtünmə qüvvələri. Elektrostatik ayırmanı həyata keçirmək üçün ilk növbədə minerallar statik elektrik ilə

yüklənməlidir. Keçirici və qeyri-keçirici minerallar statik elektrikle yükləndikdən sonra elektrostatik separatorlardan keçərək bir-birindən ayrılır.

Yuxarıda verilmiş elektrostatik separatorlarda mineralların statik elektrik yüklənməsi iynə ucu olan elektrodla təmin edilir. İynə ucunun elektroduna yüksək gərginlik (>18000 Volt) tətbiq edildikdə, onun ətrafındakı qazda (havada) ionlaşma başlayır. Bu ionlar mineral hissəciklərin səthinə yapışır. Bu proses ion bombardmanı adlanır. Minerallar keçirici və ya izolyator olmasından asılı olmayaraq statik elektrikle yüklənir. Torpaqlanmış baraban səthindən keçən keçirici hissəciklər statik elektriki dərhal barabana ötürərkən, izolyasiya edən hissəciklər onu dərhal ötürə bilmir və barabana yapışaraq hərəkət edir. Keçirici hissəciklər yapışmayacağından, onlar cazibə qüvvəsinin təsiri altında sərbəst düşürlər. Boru elektrodu mənfi yüklüdür. Müsbət yüklü (itirilmiş elektron) mineral varsa, boru elektrod tərəfindən çəkilir. Buna qaldırma deyilir.

1.5. Elektrostatik separator növləri

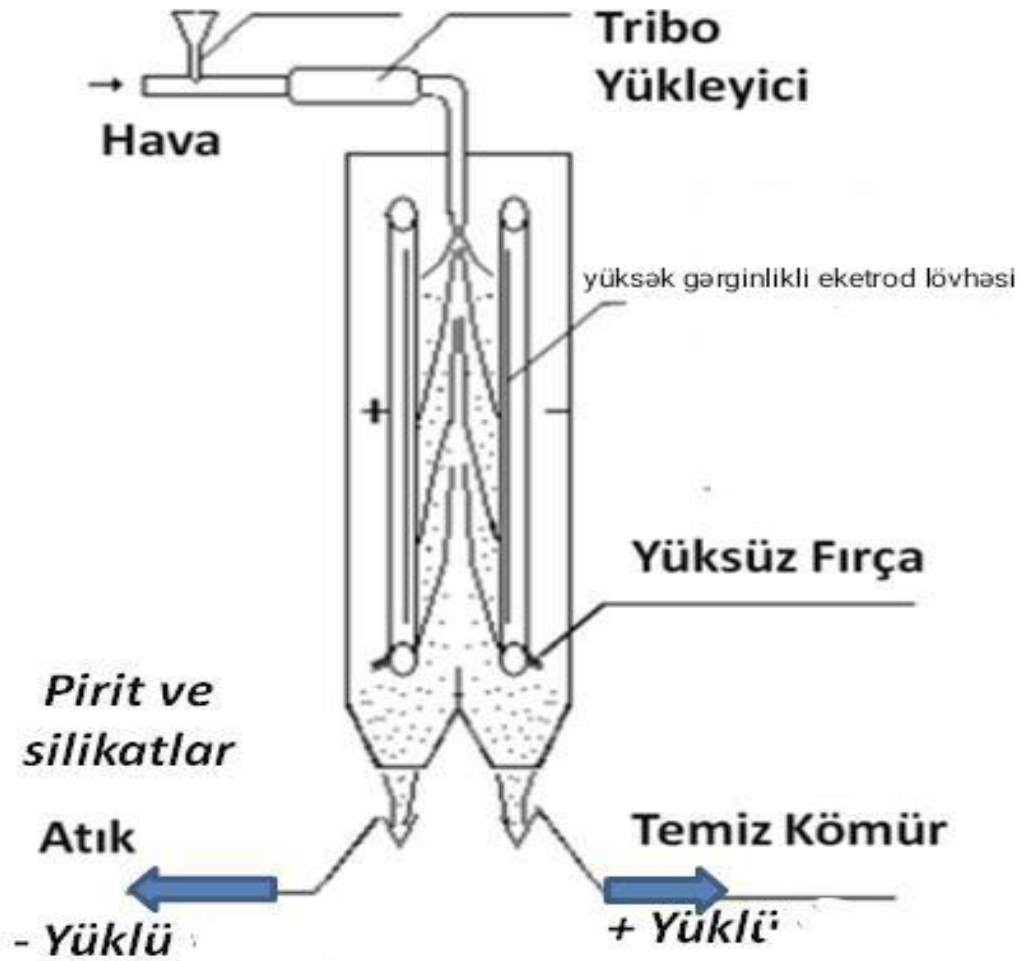
Elektrostatik separatorlar əsasən 2 növdür. Bunlar: Korona növü (ion bombardmanı ilə mineralların yüklənməsi); Tribo növü (sürtünmə ilə mineralların yüklənməsi).



Şəkil 1.5.1. Tribo növü (sürtünmə ilə yükülənmə)

1.6. Tribostatik seperator

Elektrostatik seperatorlar əsasən “korona tipli” və “tribo tipli” olaraq iki yerə bölünür. Korona tipli elektrostatik seperatorlarda qaz yüksək gərginlik tətbiq edilərək ionlaşdırılır və yüklənmə bu ionların minerala birləşdirilməsi ilə həyata keçirilir, tribo tipli seperatorlarda isə sürtünmə effekti ilə minerala yük verilir. Sürtünmə effekti yüklənən nümunənin xüsusi borudan keçirilməsi ilə əldə edilir.



Şəkil 1.6.1. Tirboelektirik ayrıcı

1.7. Keçirici və qeyri-keçirici minerallar

Keçirici materiallarda xarici orbitaldakı elektronlar atomdan ayrılmağa meyllidir (xarici orbitalda 4 elektrondan az), izolyatorlarda isə elektronlar atomla sıx bağlıdır. Keçirici materiala elektrik cərəyanı tətbiq edildikdə, elektronlar hərəkət edir və “elektrik cərəyanı” əmələ gəlir. İzolyatorlarda elektronlar hərəkət etmədiyi üçün “elektrik cərəyanı” meydana gəlmir.

Elektrostatik ayırma çimərlik qumlarının zənginləşdirilməsində istifadə olunur. Qumlarda tapılan minerallar müxtəlif keçiricilik xüsusiyyətlərinə malikdir. Kalsit, gips, kükürd və barit kimi sənaye mineralları izolyatorlardır.

Elektrostatik ayrılımda istifadə olunan materialın xüsusiyyətləri:

- 1- Tamamilə quru olmalıdır: Elektrostatik ayırıcıya veriləcək material 100-105°C temperaturda qurudulmalıdır ki, səth nəmliyi tamamilə yox olsun. Əks halda bütün minerallar keçirici rolunu oynayacaq.
- 2- Müəyyən bir temperaturda olmalıdır: ayrılacaq minerallar piroelektrik xüsusiyyətlərə malikdirsə, isitmə faydalıdır. Mineralların ayrılması adətən yüksək temperaturda (80-120°C) aparılır.
- 3- Tozundan (lildən) ayrılmalıdır: Toz dediyimiz 75 mikrondan (incə) kiçik hissəciklər elektrostatik separatorlara veriləcək materialdan təmizlənməlidir. Dənə səthlərini örtməklə, tozlar ionlaşmış mühiti poza bilər, həmçinin elektrik xüsusiyyətlərinə maneə törədə bilər. Onlar həmçinin aglomeratlar əmələ gətirərək ayırma səmərəliliyini azalda bilərlər.
- 4- Dar ölçü qruplarında təsnif edilməlidir: Elektrostatik ayırıcılara veriləcək material üçün ən uyğun hissəcik ölçüsü 1,5 mm ilə 75 mikron arasındadır. 1,5 mm-dən yuxarı və 75 mikrondan aşağı olan hissəciklərin effektiv şəkildə ayrılması mümkün deyil. Materialı yaxın ölçülərdə təsnif etməklə yükləmək ayırma səmərəliliyini

artırır. Məsələn, $(1.5 \div 1\text{mm})$, $(1 \div 0.5\text{mm})$ və $(0.5 \div 0.075 \text{ mm})$ kimi dar ölçülü qruplar ayrıca zənginləşdirilməlidir.

Niyə elektrostatik ayırıcılardan geniş istifadə edilmir?

- 1- Filizin elektrostatik ayırıcıya verilməzdən əvvəl əvvəlcədən hazırlanması (dar ölçü qrupunda hazırlanması, qurudulması, qızdırılması və s.) yorucu bir prosesdir. Xüsusilə quru zənginləşdirmədə karxanadan gətirilən bütün filizlər qış aylarında qurudulmalıdır.
- 2- Elektrostatik separator 75 mikrondan aşağı ayıra bilməz. Elektrostatik klasterləşmə hissəciklərin sərbəst buraxılmasının qarşısını alır. İncə ölçülərdə buraxılan hissəciklər üçün uyğun deyil.
- 3- Elektrostatik separator mədən sənayesi üçün həssas, yığcam olmayan bir cihazdır. Mədən sənayesində toz, nəmlik, aşınma və digər mexaniki təsirlər çox olur. Bu baxımdan, ümumiyyətlə qeyri-mədən sektorlarında istifadə olunur.

Elektrostatik separatorla zənginləşdirilə bilən minerallar:

- 1- Çimərlik qumlarından ilmenit və rutil kimi ağır mineralların ayrılması
- 2- Kasiterit-Şelit ayrılması
- 3- Şelit-Arsenopirit və Pirit ayrılması
- 4- Kolumbit-Euksenit ayrılması
- 5- Volframit-Kvars ayrılması
- 6- Rutil-Monasit ayrılması
- 7- fosfat-kvars
- 8- Feldspat-Kvars ayrılması
- 9- Almazın digər ağır minerallardan ayrılması.

1.8. Elektrostatik ayırmadan əvvəl mineral hissəciklərə statik elektrik yüklənməsi üsulları

Elektrostatik zənginləşdirmə üsulu ümumiyyətlə mineral hissəciklərə elektrik yükü vermək və müxtəlif yüklü hissəcikləri bir-birindən ayırmaq prinsipinə əsaslanır. Müvafiq elektrik gərginliyi altında olan minerallar torpaqlanmış və ya elektrik yüklü materiallarla dəf edilə, cəlb edilə və ya zərərsizləşdirilə bilər, çünki onlar elektron qazanaraq və ya itirərək elektrikle yüklənirlər. Mineral dənələrinə elektrik yükü vermək üçün müxtəlif üsullar mövcuddur. Bu üsullar bunlardır:

- 1- Transmissiya ilə yükləmə (keçirici),
- 2- İon bombardmanı ilə yükləmə (korona növü)
- 3- Sürtünmə yükləmə (Tribo növü)
- 4- Piro-elektrik yük (istiliyin təsiri ilə),
- 5- Piezo-elektrik yükləmə (təzyiqlə),
- 6- İşıq və ya radiasiya keçiriciliyi ilə yükləmə.

Təcrübədə qaz ionları, sürtünmə və ötürücü (1) ilə bombardmandan daha çox istifadə olunur. Mineral hissəciklərə verilən statik elektrik yükü; dənə ölçüsü, dielektrik sabiti, qütbləşmə və temperatur kimi amillərdən asılı olaraq dəyişir və sürtünmə və cazibə qüvvəsi ilə mineralları bir-birindən ayırmaqda təsirli olur.

1 - Transmissiya ilə yükləmə (keçirici);

Keçirmə yolu ilə yüklənmə, elektrik cərəyanının (elektronların) cismin bir tərəfindən digər tərəfinə ötürülməsidir.

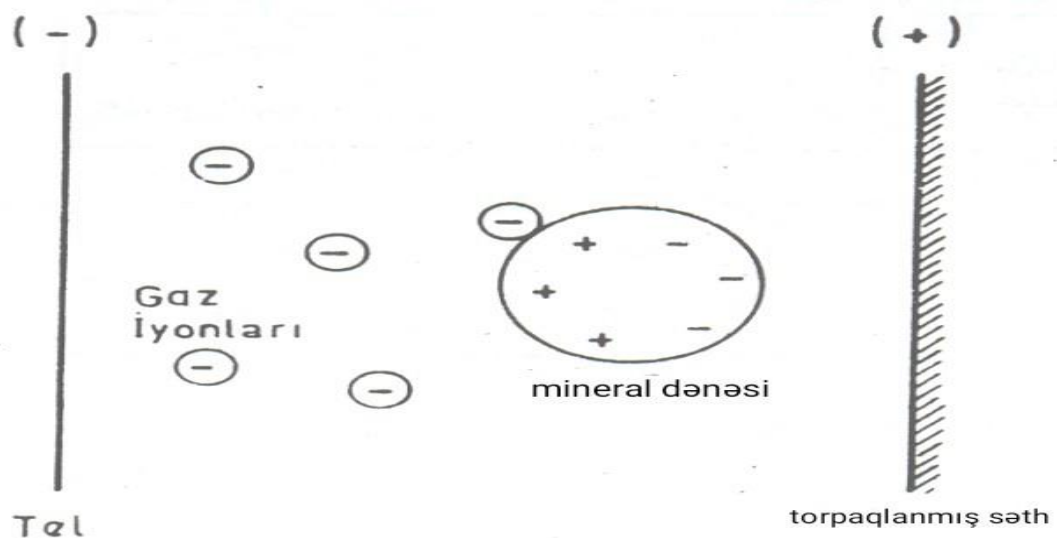
Elektrik sahəsinə daxil olan mineral dənələri keçirici və ya izolyator olmasından asılı olmayaraq əvvəlcə qütbləşir. İzolyator hissəcikləri elektrik sahəsi ilə elektron mübadiləsi etmədikləri üçün neytral qalırlar (yüksüz). Digər tərəfdən, keçirici hissəciklər elektron qazanaraq və ya itirərək (–) və ya (+) yük qazanırlar.

2 - İon bombardmanı ilə yükləmə;

İonlaşmış qazda sərbəst hərəkət edən hissəciklər; Səthlərinə əks işarəli qaz ionları, istər keçirici, istərsə də izolyator olsun, müəyyən elektrik yükü alır.

Bombardmanda istifadə olunan qaz ionları: Bir-birindən hava boşluğu ilə ayrılmış elektrik yüklü tel və torpaqlanmış keçirici obyekt arasında əldə edilir. Telin ətrafındakı hava ionlaşır və ionlar öz yüklərini boşaldan torpaqlanmış obyektə doğru çəkilir. Belə bir elektricləşdirilmiş sahəyə daxil olan və yüksüz olan mineral dənələr qaz ionları ilə bombardman edilərək elektrik yükü qazanır. Bu halda, mineral hissəcik iki fərqli şəkildə elektricləşir;

- Sərbəst düşmə vəziyyəti,
- Torpaqlanmış səthdə hərəkət vəziyyəti,



Şəkil 1.8.1. Hissəciklərin sərbəst düşmə vəziyyəti

Elektrik sahəsinə daxil olan hissəciklər sərbəst düşmə vəziyyətindədirsə, əvvəlcə qütbləşirlər. Qaz ionları hissəciklərin səth şəbəkəsindəki müsbət yüklü nöqtələrə doğru hərəkət etməyə meylli olduğundan, müsbət yüklü nöqtələr yüksüz olacaq və bir

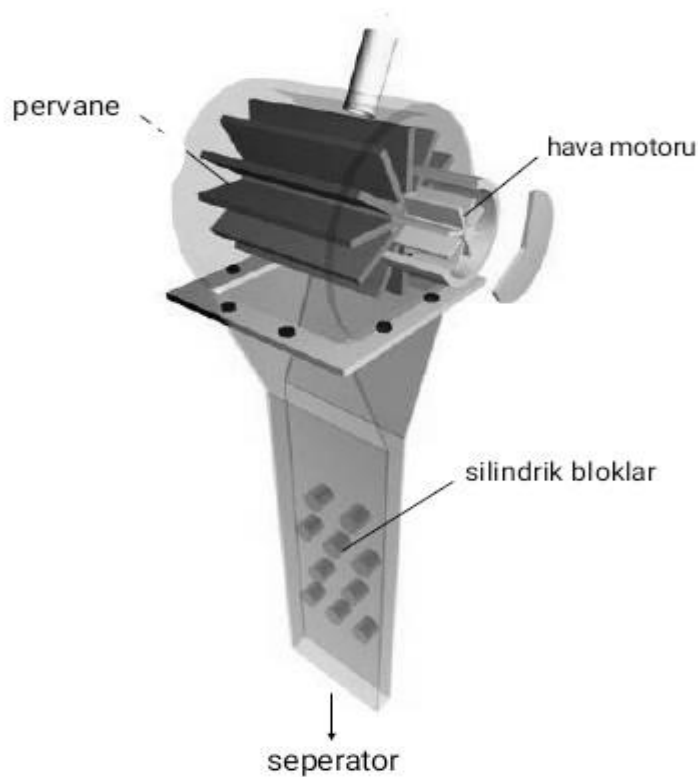
müddət sonra bütün hissəcik (istər keçirici, istərsə də izolyator) xalis mənfi yükə (ən yüksək yük) çatacaq. Yüklənir və bundan sonra dəyişməz qalır.

Torpaqlanmış səthdə hissəcikin hərəkəti.

Bu halda, hissəciklər sərbəst düşmədə olduğu kimi ionlarla bombardıman ediləcək. Lakin keçirici hissəciklərin səthlərinə gələn qaz ionları ya hissəciyin içindən keçəcək, ya da hissəcik səthindən sürüşərək torpağa sızacaq.

3 - Sürtünmə yükü (triboelektrik)

İki fərqli cisim bir-birinə sürtündükdə, elektronların qarşılıqlı təsiri nəticəsində elektrik yükü əldə edilir.



Şəkil 1.8.2. Tribo yükləyici

Triboelektrostatik separatorada zərrəciklərin yüklənməsi sıxılmış hava ilə boruda daşınarkən qrunt kömürünün yaratdığı turbuləntlik nəticəsində bir-birinə dəymə və ya

sürtülmə yolu ilə həyata keçirilir. Beləliklə, kömür müsbət yük alır, pirit və digər kül əmələ gətirən minerallar isə mənfi yüklənir. Sonra bu hissəciklər bir-birindən elektrostatik separatorla ayrılır.

4 - Piro-elektrik yükü: Bəzi kristallarda termal gərginliklər, əks yüklü hissələr əmələ gətirə bilər. Beləliklə, elektrik yükü əldə edilir.

5 - Piezo-elektrik yükləmə: Bəzi kristallarda, regional sahələr təzyiqlə altında tərs yüklənir və elektrik yükü qazanılır.

6 - Işıq və ya radiasiya keçiriciliyi ilə yükləmə:

Işıq və ya rentgen şüaları bəzi materiallarda elektron emissiyasına səbəb olduğundan, bu materiallar (+) elektrik yükü qazanır.

Elektrostatik zənginləşdirmə mineralların elektrik keçiricilik xüsusiyyətlərindən istifadə edir. Tərkibində metal elementlər olan mineralların çoxu az və ya çox elektrik keçiriciliyi göstərir. Elektrostatik ayırmada keçirici deyə biləcəyimiz bu minerallara misal olaraq: xromit, hematit, maqnetit, rutil, qalena, sfalerit, pirit və almaz. Ümumiyyətlə - 500+75 mikron çimərlik qumlarının zənginləşdirilməsi üçün istifadə olunur. Elektrostatik ayırmada minerallar əvvəlcə statik elektrik yükü ilə yüklənir. Doldurma prosesi adətən boru və (və ya) iynə uc elektrodu tərəfindən formalaşan “yüksək gərginlik” və “ion bombardmanı” ilə həyata keçirilir. Bütün keçirici və izolyasiya edən minerallar statik elektrikle yükləndikdən sonra onlar torpaqlanmış barabandan keçirilir. Barabandan keçən keçirici minerallar elektrik yüklərini dərhal yerə ötürərkən, izolyasiya edən dənələr yüklərini dərhal ötürə bilmir. Bu halda, izolyasiya dənələri barabana yapışaraq hərəkət edərkən, keçirici dənələr öz yükünü verir və müsbət işarəli yükə çevrilir və boru elektrodu tərəfindən cəlb olunur.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

QASIMOV NURLAN XANBALA OĞLU

**“FAYDALI QAZINTILARIN ELEKTRİK VƏ MAQNİT ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏ
ÜSULLARI İLƏ İLKİN EMALİ TEXNOLOJİ REJİMLƏRİNİN TƏDQIQI”**

İxtisas - 050605- Dağ- mədən mühəndisliyi ixtisasının

“Faydalı Qazıntıların Zənginləşdirilməsi” ixtisaslaşdırılması üzrə

MAGİSTR DİSSERTASIYASI

Elmi rəhbər: t.e.n., dosent

Mənsimov Akif

BAKİ - 2023

II FƏSİL FAYDALI QAZINTILARIN ELEKTRİK ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏ ÜSULLARININ MAŞINLARI

2.1. Elektrostatik separator

Elektrostatik separator mineralların elektrikkeçiricilik fərqi və mineral dənələrin quruluşuna əsaslanır. Zənginləşdirmə üçün tətbiq olunan elektrostatik üsula elektrik zənginləşdirmə deyilir. Elektrostatik qüvvələrə əsaslanan bu üsulda minerallar, yüksək gərginlik altında statik elektrik yükü qazanır və qısa müddət ərzində itirməmək qabiliyyətindən faydalanır. Düzgün təsirlənmiş minerallar, elektron qazanaraq və ya itirərək, yükləndikcə, torpaqlanır və ya digər maddələr tərəfindən elektrik yüklü, itələnmiş, cəzb edilmiş və ya yüksüz ola bilərlər.

Mineral dənələrə verilən statik elektrik yükü, dənənin ölçüsü, dielektrik sabiti, polyarizasiya (qütbləşmə) və temperatur kimi amillərdən asılıdır və mineralların bir-birindən ayrılmasında təsirli olur. Bundan əlavə, sürtünmə və cazibə qüvvələri də təsir edir. Elektrostatik ayırma və digər zənginləşdirmə üsulları tətbiq edilmədiyi hallarda zənginləşdirmək üçün istifadə olunur. Elektrostatik ayırma çox vaxt cazibə və maqnit ayırma ilə birləşdirilərək kombinasiya şəklində istifadə olunur.

Ümumiyyətlə elektrostatik zənginləşdirmə üsulu mineral dənələrə elektrik yükü vermək və hissəciklərin ayrılmasına əsaslanır.

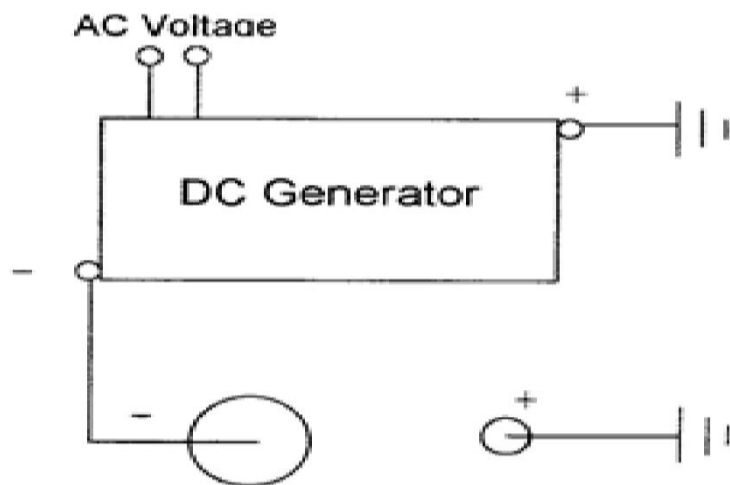
Qütbləşmə (polyarizasiya). Maddə atomlardan ibarətdir və atomlar onun içərisində (+) yüklü (proton) və yüksüz hissəciklər (neytron) olan nüvə ilə nüvənin ətrafındakı (-) yüklü elektronlardan ibarətdir və neytral atomlarda elektronların sayı protonların sayına bərabər olur. Elektrik sahəsinə daxil olan atomun elektronları sahənin (+) qütbünə köçürülür, nüvə də sahənin (-) qütbünə doğru çəkilir. Bu prosesə qütbləşmə (polyarizasiya) deyilir. Bərk maddələr müxtəlif elektrikkeçiriciliyə malikdir. Mineralları elektrik xasələrinə görə keçiricilərə, yarımkeçiricilərə və qeyri-keçiricilərə (dielektriklərə) ayırmaq olar.

Keçiricilər - elektrik müqavimətləri ($10^{-5} \text{ Om}\cdot\text{sm}$) olduqca kiçik olub dielektrik sabiti olduqca yüksəkdir.

İzolyatorlar (keçirici olmayanlar) - Çox yüksək müqavimət qabiliyyəti vardır ($10^{14} \text{ Om}\cdot\text{sm}$). Nəzəri olaraq içərisindən elektrik cərəyanı keçirmirlər, keçiriciliyi olmayan bir hissəyə elektrik verdikdə təsir edən elektrik sahəsi sıfırlamaq istəyən bir keçiriciyə nəzərən çox yavaş hərəkət edən elektrik yüklərinin keçməsi səbəbi ilə daxili elektrik sahəsi yaradır. Hissəcik üzərində potensial fərqlər yarana bilər. Dielektrik sabiti 1-ə çox yaxındır.

Yarımkeçiricilər - Keçirici və izolyasiya materiallarının elektrik xüsusiyyətləri arasındadır. Mineralların əksəriyyəti bu kateqoriyaya aiddir.

Elektrik sahəsi aşağıdakı elektrik naqilləri sxeminə uyğundur. Birbaşa cərəyan generatorlarından istifadə etməklə yaradılır (şəkil 2.1.1).



izolyasiya edilmiş
sahə elektrodu

torpaqlanmış sahə
elektrodu

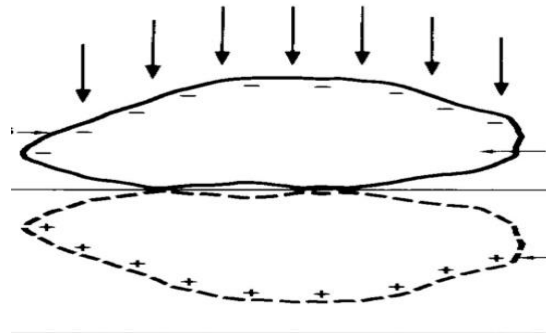
Şəkil 2.1.1. DC Generatorun sxemi

Elektrik sahəsinə daxil olan mineral keçirici qütbləşir və izolyatorlar elektron mübadiləsi etmədiyi üçün onlar yüksüz qalırlar. Keçirici zərrəciklər isə geri dönmə xassələrinə görə elektron alır və ya itirirək mənfi və ya müsbət yük qazanması ötürməsi ilə yükləmə adlanır.

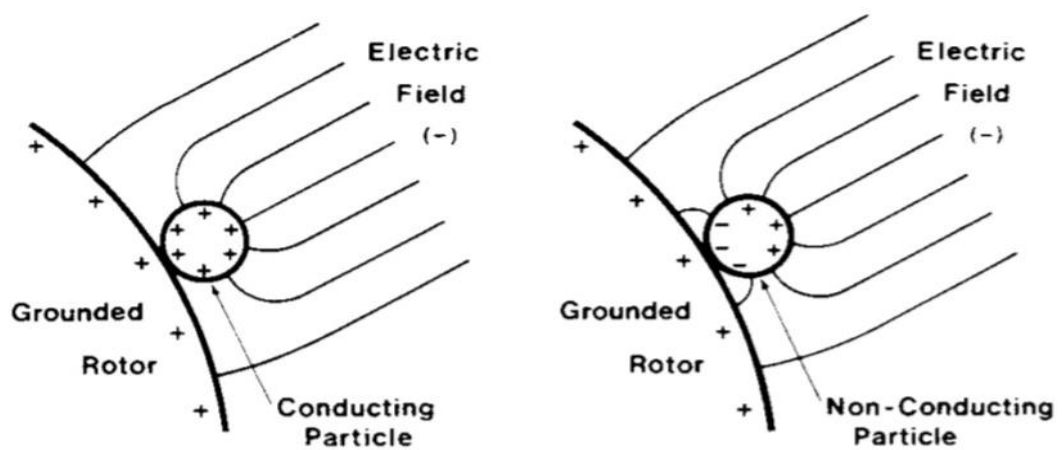
Hissəciklərin yüklənməsi (doldurulması) üç yolla həyata keçirilə bilər:

- İon bombardmanı (korona sahəsi)
- İnduksiya ilə doldurulması
- Triboşarj (sürtünmə və kontakt ilə)

İon bombardmanı (korona sahəsi)



Şəkil 2.1.2. İon bombardmanın sxemi

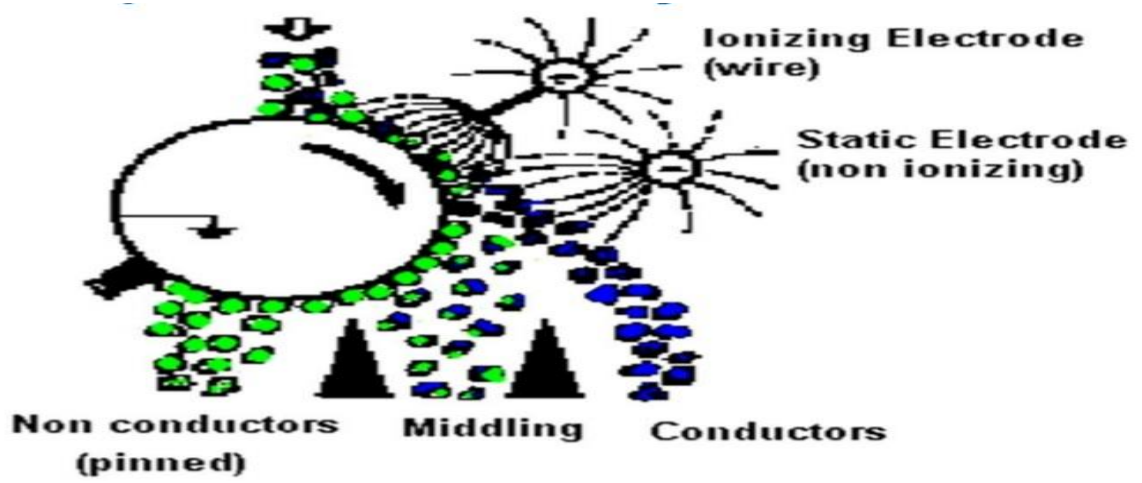


Şəkil 2.1.3. İnduksiya doldurulma sxemi

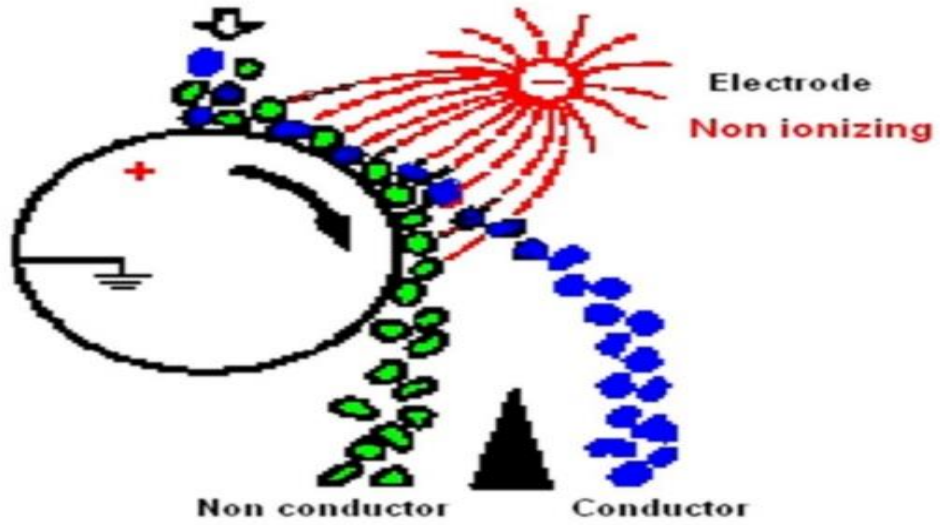
Elektrostatik separatorlar (Yüksək Gərginlikli Ayırıcılar).

Hissəciklərin elektrik yüklənməsi üsullarına görə elektrostatik separatorlar üç qrupa bölünür:

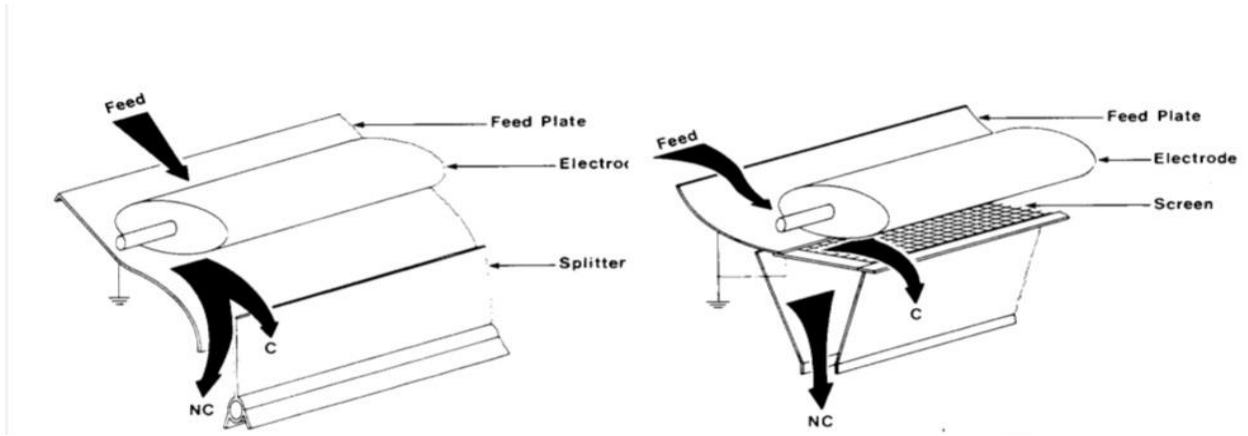
- Elektrodinamik separatorlar;
- Elektrostatik separatorlar;
- Triboelektrik separatorlar;



Şəkil 2.1.4. Baraban tipli elektrodinamik separator



Şəkil 2.1.5. Baraban tipli elektrostatik separator



Şəkil 2.1.6. Piltə və ələk tipli elektrostatik separatorlar

Elektrostatik separatorun istifadə ahələri

- Tullantı kabellərinin təkrar emalı
- Elektron tullantıların təkrar emalı
- Alüminium-plastik ayrılması
- Əczaçılıq blister paketləri kimi kompozit materialların təkrar emal edilməsi
- Bütün keçirici materialların ayrılması: izolyasiya edən hissəciklər

Elektrostatik metal ayırıcılarla məftil tullantılarının və elektron tullantıların təkrar emalı ilə tullantıları sifira endirmək olar. Kabel təkrar emalında göstərilmiş separator vasitəsilə ekrandan çıxan plastiki təkrar emal etməklə plastiklə sızan metalı təkrar emal edə bilərsiniz. Bu yolla plastikin dəyəri artırıla bilər. Elektrostatik separatorun əhəmiyyətini vurğulamaq üçün onun üstünlüklərini qısaca qeyd etmək lazımdır.

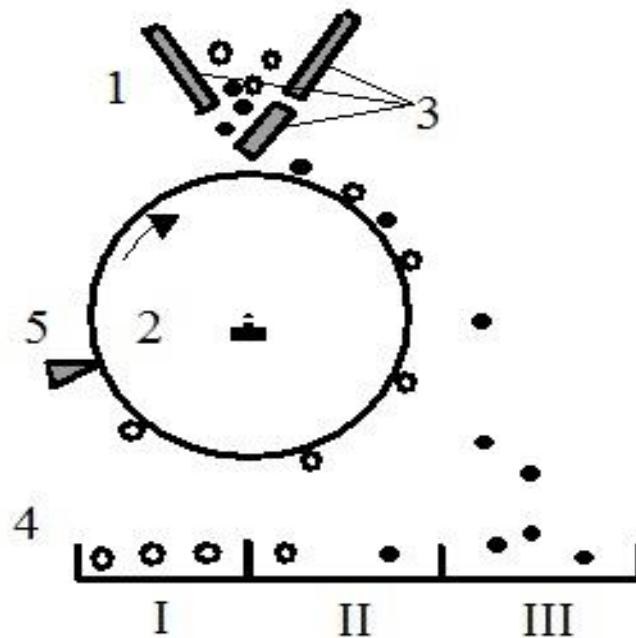
2.2. Tac-elektrostatik separatorlar

Mineralların elektrik keçiriciliyinə görə ayrılması üçün nəzərdə tutulmuşdur. Tac elektroddan əlavə bu separatorlarda əlavə silindrik elektrod da vardır və bu elektroda tac elektroda verilən gərginlik qədər gərginlik verilir.

Baraban və silindrik elektrod arasında əlavə və daimi polyar qeyri-bərabər elektrostatik sahə yaranır. Beləliklə işçi zonada iki güc sahəsi - tac boşalma və elektrostatik sahə yaranır. Sonuncular işə burdan keçən hissəciklərin daha tez aralanması və barabandan çox kəskin uzaqlaşdırılması hesabına daha dəqiq ayrılması üçün şərait yaradır.

2.3. Piroelektrik separator

Piroelektrik ayırmada bəzi kristal materiallar qızdırıldıqda və sürətlə soyuduqda elektricləşir. Bu doldurmanı baraban ayırıcıları ilə həyata keçirmək üçün bunkerin divarları qızdırıcı elementlər şəklində hazırlanır, barabanın soyuq səthinə düşən qızdırılan material sürətlə soyudulur.



Şəkil 2.3.1 Piroelektrik separatorun sxemi:

1 – dispenser; 2 - toplayıcı elektrod; 3 - elektrik qızdırıcıları; 4 - kristalların elektricləşdirilmiş hissəcikləri üçün qəbuledici I, elektricləşdirilməyən hissəciklər III və onların qarışıqları II, 5- kürəkcik piroelektrikə meyilli kristal materiallar yüklənir və barabanın səthində güzgü qüvvələri ilə kürəkcik 5 tərəfindən qəbuledici I-ə çıxarılan qədər saxlanılır.

Digər materialların hissəcikləri yüklənmir, barabanın səthindən çıxır və qəbulediciyə düşür III.

2.4. Dielektrik separator

Dielektriklərin qaz, maye və bərk növləri var. Dielektriklər neytral atom və ya molekullardan təşkil olunmuşdur. Dielektriklərin iki növü vardır: polyar və qeyri-polyar. Onlar molekulların quruluşuna görə bir-birindən fərqlənirlər. Elektrik sahəsində dielektrikin bağlı yükləri əks istiqamətlərdə yerini dəyişir; dielektrik polyarlaşır. Polyarlaşmış dielektrik özü elektrik sahəsi yaradır. Bu sahə dielektrikin daxilində xarici elektrik sahəsini zəiflədir. Dielektrikin polyarizasiyası xarici elektrik sahəsində dielektrikin qarşı üzlərində əks işarəli bağlı elektrik yüklərinin yaranmasıdır. Dielektrik nüfuzluğu dielektrik daxilində sahə intensivliyinin vakuumdakı sahə intensivliyindən neçə dəfə kiçik olduğunu göstərən fiziki kəmiyyətdir: $\epsilon = E_0/E$. Dielektrik nüfuzluğu adsız kəmiyyətdir və maddənin növündən asılıdır.

İzolyatorlar - dielektriklərin izolyasiya məqsədi ilə işlədilən bir qrupudur.

Dielektrik ayırma mineral hissəciklərin dielektrik keçiriciliyindəki fərqə əsaslanaraq ayrılması prosesidir. Dielektrik ayırma qeyri-bərabər elektrik sahəsində bərk cisimlərin qütbləşmiş hissəciklərinə təsir edən ponderomotor qüvvələrin qiymətləri və istiqamətləri fərqiə əsaslanır.

$$F = 2\pi\epsilon_0\epsilon_2a^2[\epsilon_1 - \epsilon_2] / [\epsilon_1 + 2\epsilon_2]gradE^2$$

burada ϵ_1 hissəciyin nisbi keçiriciliyi, ϵ_2 mühitin nisbi keçiriciliyi, a sferik hissəciyin radiusu, E elektrik sahəsinin intensivliyi. Dielektrik ayırıcılarda ayrılacaq dispers material müxtəlif konfigurasiyalı elektrodların yaratdığı qeyri-bərabər elektrik sahəsinə verilir.

Ayırma mayedə, daha az havada tez keçirici olmayan bir mühitdə aparılır. Hissəciklərin davranışı hissəcik ϵ_1 və mühitin ϵ_2 keçiricilikləri arasındakı fərqlə müəyyən edilir. $\epsilon_1 > \epsilon_2$ olduqda hissəcik ən yüksək elektrik sahəsinin gücü olan sahəyə çəkilir; $\epsilon_1 < \epsilon_2$ olarsa, hissəcik bu sahədən kənara itələnir.

Separatorların iş sahəsi iki qarışan komponentdən ibarət maye mühitlə doldurulur, onun dielektrik keçiriciliyi komponentlərin nisbətini dəyişdirərək geniş diapazonda idarə oluna bilər. Bir mühit olaraq qarışıqlardan istifadə olunur: kerosin - nitrobenzol, skipidar - nitrobenzol, karbon tetraxlorid - metil spirti, heksan - aseton, kerosin - dimetilformamid və s.

Beləliklə, mühitin və hissəciklərin nisbi xüsusi elektrik sabitləri arasında zəruri əlaqəni əldə etmək mümkündür. Dielektrik ayırıcılarda, bir qayda olaraq, zolyasiya edilmiş tel elektrodları istifadə olunur, hissəciklərin elektrodla yüklənməsinin və yapışmasının qarşısını almaq üçün yüksək gərginliyi tətbiq edilir.

2.5. Elektrik separatorunun texnoloji parametrləri

Elektrik ayırma prosesinin səmərəliliyini müəyyən edən əsas texnoloji parametrlər bunlardır: ayrılan mineralların elektrik keçiriciliyindəki fərq; separatorun konstruksiyası və iş prinsiplərini; mineral xammalın maddi və qranulometrik tərkibi; prosesin texnoloji rejimi. Ayrılan mineralların elektrik keçiriciliyi qiymətlərindəki fərq nə qədər çox olarsa, onlar yüklənmə sürətində (yüklənmiş elektrodda) və boşalmada (toplayıcı elektrodda), qalıq yüklərin böyüklüyündə və bir o qədər əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir. Separatorun iş yerində hərəkət trayektoriyası, onları ayırmaq bir o qədər asan olar. Ayırma zamanı alınan məhsulların keyfiyyəti mənbə materialında ayrılan mineralların tərkibindən asılıdır. Tərkibindəki qeyri-keçiricilərin tərkibi nə qədər az olarsa, keçirici mineralların yaranan hissəsinin keyfiyyəti bir o qədər yüksək olar. Ayrılan minerallarda elektrik keçirici hissəciklərin tərkibindəki dalğalanmalar ayırma prosesini qeyri-sabitləşdirir və konsentratın keyfiyyətinin aşağı düşməsinə səbəb olur. Başlanğıc materialında toz hissəciklərinin miqdarının artması ilə prosesin səmərəliliyi və ayrılan məhsullarının keyfiyyəti pisləşir, buna görə də elektroseparatoradan əvvəl material adətən hərtərəfli tozdan təmizlənir. Hissəcik ölçüsünün artması ilə tək-cə boşalması sahəsində və ya yüklənmiş bir baraban üzərində alınan yükün böyüklüyü deyil, həm də onları baraban

səthindən ayıran mərkəzdənqaçma qüvvəsi də artır. Bu geniş diapazonuna malik materialı ayırarkən dənələrin təmiz şəkildə ayrılmasını çətinləşdirir. Bu halda, böyük qeyri-keçirici hissəcik barabandan daha kiçik keçirici hissəciklə eyni vaxtda çıxıa bilər və əksinə, çox az keçirici hissəciklər keçirici olmayan hissəklərlə düşəcəkdir.

Separatorların struktur xüsusiyyətləri texnoloji göstəricilərə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Ayırıcı tamburun fırlanma sürətinin artması və mərkəzdənqaçma qüvvəsinin artması keçiricilərin ayrılmasına kömək edir. Bununla birlikdə, onun həddindən artıq artması elektrik cazibə qüvvələri tərəfindən barabanda artıq tutula bilməyən keçirici olmayan hissəciklərin keçirici hissəsinə keçidə səbəb ola bilər. Barabanın fırlanma sürətinin azalması keçirici fraksiyanın qeyri-keçiricilərlə tıxanmasına gətirib çıxarır ki, onlar öz yüklərini toplayıcı elektroda verməyə vaxt tapırlar. 140-350 mm diametrlı barabanın fırlanma tezliyi mənbə materialından asılı olaraq 30 ilə 500 dövr/dəq arasında dəyişir. Elektrodlarda gərginliyin artması ilə keçirici və keçirməyən hissəciklərin yüklərindəki fərq artır və onların ayrılmasının nəticələri yaxşılaşır. Müasir separatorlarda korona elektrodunda gərginlik 35-50 kV diapazonundadır, elektrodlararası sahədə maksimum cərəyan təxminən 50 mA-dır.

Elektrodlar arasındakı məsafənin azaldılması korona cərəyanını artırır və əksinə. Elektrodlar arasındakı məsafə ayırma rejiminin işlənməsi prosesində müəyyən edilir və əməliyyat zamanı dəyişmir. Separatorun hər bir detalının məhsuldarlığı müxtəlif separatorlarda 800-dən 3000 mm-ə qədər dəyişən barabanın uzunluğundan və onun fırlanma sürətindən asılıdır. Fırlanma sürətini artırmaqla, ayırıcının məhsuldarlığını artırmaq mümkündür, lakin ayırma məhsullarının keyfiyyəti pisləşə bilər.

2.6. Elektrik zənginləşdirilməsinin avadanlıqları və proseslərin seçilməsi

НИЛ-1 elektrostatik barabanlı separatoru almaz tərkibli qravitasion konsentratların son hala salınması üçün tətbiq olunur.

CƏC tipli və CƏC-1000M çox bölməli separatorlar filizlərin zənginləşdirməsi və nadir, əlvan, qara metal konsentratlarının son hala salınması üçün nəzərdə tutulmuşdur və uyğun sahələrin müəssisələrində geniş tətbiq olunur. Onlar həmçinin almaz, qızıl hasiletme, şüşə, abraziv və keramika sənayesi sahələrində tətbiq olunur. CƏC-200 separatoru qidaya görə məhsuldarlığı 4 t/s-dan az deyil. Qidanın ölçüsü 1.5-0.071 mm təşkil edir.

Elektrik separasiyadan əvvəl material lazım olduqda, qurutmaya, təsnifatlaşdırılmaya və şlamsızlaşdırmaya məruz qoyulur.

Separatorun növündən asılı olaraq, tərkibində 0.5-4 % hüdudlarında səthi nəmliyin olmasına imkan verilir. Ölçüyə görə təsnifatlaşdırma elektroseparator prosesinə, xüsusilə komponentlərin elektrik keçiriciliyində kiçik fərqlər olduğu zaman müsbət təsir göstərir.

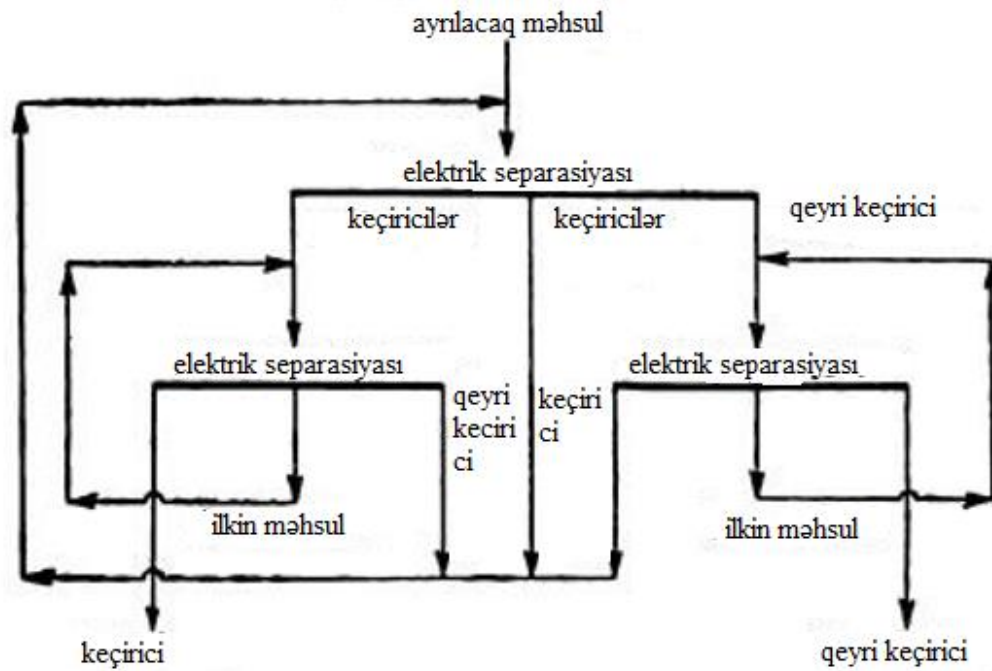
Burada tozsuzlaşdırma mühüm əhəmiyyət kəsb edir, belə ki, tozşəkilli hissəciklər daha iri hissəcikləri əhatə edərək ayrılmanın seçicilik qabiliyyətini zəiflədir. Ayrılan dənəvər materialın tövsiyə olunan ölçüsü 5mm-ə qədərdir. Daha iri hissəciklərdə mexaniki qüvvələr elektrik qüvvələrinin üzərində üstünlük təşkil edə bilər.

Separasiyanın effektivliyi əsasən mineral hissəciklərinin səthinin vəziyyəti ilə müəyyən olunur, ona görə də materialların əvvəlcədən mexaniki və ya reagent emalına ehtiyacı olur.

Materialın hazırlanmasında 300⁰C-ə qədər temperaturda termiki emal mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Ayrılan materialların hər cütü üçün əlverişli qızdırılma temperaturu təcrübə yolu ilə seçilir.

2.7. Elektrik zənginləşdirilmə sxemləri

Tipik olaraq, elektrik zənginləşdirilməsi keçirici və qeyri-keçirici mineral fraksiyaların çoxsaylı təkrar təmizlənməsi ilə mürəkkəb texnoloji sxemlərə uyğun olaraq həyata keçirilir. Elektrik zənginləşdirmə üsulları ən çox titan-sirkonium, ilmenit-rutil-sirkon, sirkon-piroxlor, kassiterit-şeelit, almaz və bu və ya digər üsulla əldə edilən digər konsentratları bitirmək üçün istifadə olunur. Eyni zamanda, konsentratları bitirmək üçün texnoloji sxemlərə, bir qayda olaraq, elektroseparasiya ilə yanaşı, maqnit ayırma, qravitasiya, bəzən flotasiya və s. Elektrik ayırma adətən yüksək texniki-iqtisadi göstəricilərlə (nisbətən az enerji sərfiyyatı, aşağı istismar xərcləri, faydalı qazıntıların ayrılması zamanı yaxşı nəticələr) ilə xarakterizə olunur. Elektroseparasiya prosesini idarə etmək və tənzimləmək asandır.



Şəkil 2.7.1. Mineral qarışığının elektrik separasiyasının prinsipial sxemi

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

PAŞAYEV ASİM VÜQAR OĞLU

**“FAYDALI QAZINTILARIN ELEKTRİK VƏ MAQNİT ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏ
ÜSULLARI İLƏ İLKİN EMALİ TEXNOLOJİ REJİMLƏRİNİN TƏDQIQI”**

İxtisas - 050605- Dağ- mədən mühəndisliyi ixtisasının

“Faydalı Qazıntıların Zənginləşdirilməsi” ixtisaslaşdırılması üzrə

MAGİSTR DİSSERTASIYASI

Elmi rəhbər: t.e.n., dosent

Mənsimov Akif

BAKİ - 2023

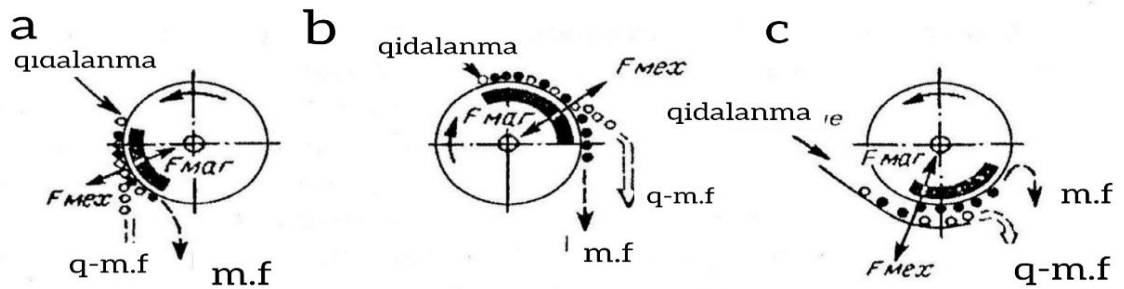
III FƏSİL FAYDALI QAZINTILARIN MAQNİT ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏ ÜSULLARI

3.1. Faydalı qazıntıların maqnit zənginləşdirilmə üsulları

Maqnit zənginləşdirmə, ayrılacaq komponentlərin maqnit xüsusiyyətlərindəki fərqlə əsaslanan maqnit sahəsində zənginləşmədir. Maqnit zənginləşdirmə üçün başlanğıc material havada və ya suda maqnit və qeyri-maqnit məhsullarına ayrılan maqnit və qeyri-maqnit cisimlərinin mexaniki qarışığıdır.

Maqnit zənginləşdirmə prosesləri maqnit sahəsində hissəciklərin trayektoriyasını dəyişdirməklə həyata keçirilən, ayrılan komponentlərin maqnit xassələrindəki fərqlərə əsaslanan mineral hissəciklərin ayrılması prosesləridir.

Maqnit zənginləşdirmə maqnit separatorlarında aparılır, xarakterik xüsusiyyəti onların iş sahəsində bir maqnit sahəsinin olmasıdır. Material separatorun iş zonasından keçərkən, F_{maq} maqnit cazibə qüvvəsinin təsiri altında müxtəlif maqnit xassələri olan minerallar müxtəlif trayektoriyalar boyunca hərəkət edir ki, bu da maqnit minerallarının



Şəkil 3.1.1. Maqnit xüsusiyyətlərinə görə ayırma sxemləri:

a-c- müvafiq olaraq maqnit hissəciklərinin tutulması və çıxarılması; m.f- maqnit fraksiyası, q-m.f- qeyri-maqnit fraksiyası

ayrıca - maqnit-məhsulu və qeyri-maqnitini ayırmağa imkan verir, mineralları qeyri-maqnit halına gətirir. (Şəkil 3.1.1).

Separatorun iş yerindən hərəkət edən material hissəciklərində, maqnit qüvvəsinə əlavə olaraq, F_{mex} bir sıra mexaniki qüvvələr - cazibə və ətraf mühit müqaviməti, molekulyar birləşmə, mərkəzdənqaçma qüvvəsi təsir göstərir. Materialların maqnit xassələrinə görə ayrılması, mineralların maqnit xassələrinin bir-birindən əhəmiyyətli dərəcədə fərqləndiyi və maqnit hissəciklərinə təsir edən maqnit qüvvələrinin müqavimət qüvvələrindən əhəmiyyətli dərəcədə üstün olduğu halda səmərəli şəkildə həyata keçirilir.

Maqnit zənginləşdirmə prosesi mürəkkəbdir, müxtəlif fiziki xassələrə malik olan müxtəlif ölçülü ayrılmış materialın çoxlu sayda hissəciklərinin iştirakı ilə əlaqədar olaraq bu kütlə ötürülməsi, yapışma flokulyasiyası və başqaları ilə baş verir.

Maqnit xüsusiyyətlərinə görə hissəcikləri ayırmaq üçün üç məşhur üsul var:

- maqnit hissəciklərinin sapması, bu zaman maqnitdən keçən materialın ümumi axını ikiye bölünür (şəkil 3.1.1, a). Hissəciklərin hərəkət sürəti və müəyyən bir maqnit qüvvəsində məhsuldarlıq olduqca böyük ola bilər, lakin ayırma səmərəliliyi kifayət qədər yüksək deyil;

- barabanın səthinə perpendikulyar olan ümumi axının istiqaməti ilə daha çox maqnit hissələrinin saxlanması (şəkil 3.1.1, b). Hissəciklərin cazibə qüvvəsi və maqnit qüvvəsinin istiqamətləri üst-üstə düşür ki, bu da maqnit hissəciklərinin yüksək bərpasını təmin edir;

- maqnitin altından keçərkən axının daha çox maqnit hissəciklərinin çıxarılması (şəkil 3.1.1, c), maqnit fraksiyasının daha keyfiyyətli olduğu halda, lakin maqnit hissəciklərinin daha az çıxarılmasına nail olur.

Maqnit xüsusiyyətlərində böyük fərq olan dənəvər materialların asanlıqla ayrılan qarışığı üçün sapma ilə ayırma üsulu istifadə olunur. Maqnit və qeyri-maqnit fraksiyaların hərəkət istiqamətləri arasındakı bucaq fanın açılış bucağı adlanır. Ayırıcının fana nisbətən mövqeyinin dəyişməsi mineralların ayrılması nəticələrinə böyük təsir göstərir.

Ayırma prosesinin sabitliyini təmin etmək üçün fanın açılış bucağını artırmaq lazımdır.

Hissəcikləri tutma üsulu ilə ayırarkən fanın ($\alpha \geq 90^\circ$) genişlənməsi maqnit qüvvəsinin istiqamətinin dəyişdirilməsi və maqnit hissəciklərinin əyrixətli hərəkətindən istifadə etməklə, ekstraksiya ilə ayrıldıqda isə hissəciklərin əks cərəyanlı hərəkəti ilə əldə edilir.

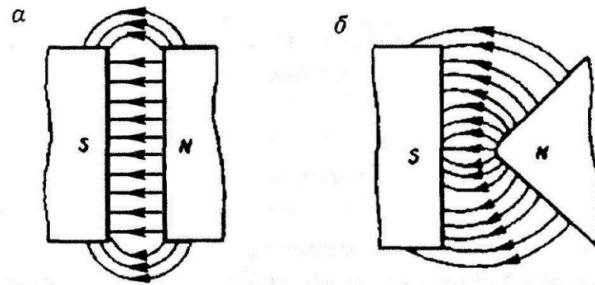
Maqnit zənginləşdirmə prosesindən qara, nadir və əlvan metalların filizlərinin emalı zamanı istifadə olunur. Dəmir tərkibli maqnetit filizlərinin zənginləşdirilməsi üçün ən çox maqnit zənginləşdirmədən istifadə olunur.

3.2. Maqnit zənginləşdirmənin nəzəri əsasları

Mineralların maqnit xüsusiyyətlərinə görə ayrılması sabit maqnitlər və ya elektromaqnitlər tərəfindən yaradılan maqnit sahələrində həyata keçirilir.

Maqnit sahəsinin əsas güc xarakteristikası intensivlikdir. Maqnit sahəsinin intensivliyi H , sahənin müəyyən bir nöqtəsində yerləşdirilmiş vahid müsbət maqnit kütləsinə sahənin təsir etdiyi qüvvədir. Maqnit sahəsinin intensivliyinin BV sistemində vahidi hər metr üçün amperdir (A/m).

Maqnit sahəsinin intensivliyinin dəyişməsinin xarakterinə görə maqnit sahələri bircins və qeyri-bircins maqnit sahələrinə bölünürlər. Bircins maqnit sahəsində intensivliyin qiymət və istiqaməti eynidir, qeyri-bircins sahədə intensivliyin qiyməti sabit deyil və istiqaməti də dəyişə bilər (şəkil 3.2.1). Bircinsli maqnit sahəsi müstəvi şəkilli müxtəlif işarəli qütblər arasında yaranır. Qeyri-bircins maqnit sahələri əyrixətli və bucaq formalı qütblər arasında yaranır. Bircins maqnit sahəsində maqnit zərrəciyinə bir maqnit momenti təsir edir, onun təsiri altında zərrəcik qüvvənin sahə xətləri boyunca istiqamətləndirilir. Qeyri-bircins sahədə maqnit zərrəciyinə maqnit momenti ilə yanaşı əlavə maqnit sahəsinin intensivliyinin artması istiqamətində maqnit qüvvələri (cazibə və itələmə) təsir edir. Maqnit və qeyri-maqnit mineralların ayrılması bu qüvvənin təsiri ilə bağlıdır.



Şəkil.3.2.1 Bircins (a) və qeyri-bircins (b) maqnit sahələrinin sxemi

Qeyri-bircins maqnit sahəsi sahə qradienti ($\text{grad } H$) ilə xarakterizə olunur, yəni maqnit sahəsinin intensivliyinin dəyişməsi ilə

$$\text{grad } H = \frac{dH}{dx},$$

burada dx sahənin intensivliyinin dH qədər dəyişdiyi məsafədir.

Mineralların maqnit xassələri maqnit qavrayıcılığı və maqnit nüfuzluğu ilə xarakterizə olunur.

Maqnit qavrayıcılığı, cismin öz maqnitləşmə intensivliyini dəyişdirmək qabiliyyətini xarakterizə edən fiziki kəmiyyətdir. Həcmi və xüsusi maqnit qavrayıcılığı var. Həcmi maqnit qavrayıcılığı (κ) cismin (I) maqnitləşməsinin maqnit sahəsinin (H) intensivliyinə nisbətində bərabərdir:

$$\kappa = \frac{I}{H}$$

Xüsusi maqnit qavrayıcılığı (χ) cismin vahid kütləsinə düşən maqnit qavrayıcılığıdır:

$$\chi = \frac{\kappa}{\delta}$$

burada δ - maddənin sıxlığı, kg/m^3 .

Maqnit qavrayıcılığının işarəsindən asılı olaraq bütün cisimlər diamaqnit və paramaqnitlərə bölünür. Maqnit sahəsinə daxil edildikdə, diamaqnit cisimlər maqnit qüvvələrinin təsiri altında intensivliyin az hissələrinə doğru itələnilirlər ($\kappa > 0$), paramaqnit cisimlər intensivliyin çox olduğu hissələrə cəzb olunurlar ($\kappa < 0$) çəkilir; vakuumdə $\kappa = 0$.

Maqnit nüfuzluğu - xarici maqnit sahəsinin təsiri altında cismin maqnit induksiyasını (B) dəyişdirmək qabiliyyətini xarakterizə edən kəmiyyətdir:

$$\mu = \frac{B}{H},$$

burada B - maddədəki maqnit sahəsinin intensivliyini xarakterizə edən maqnit induksiyasıdır. Maqnit induksiyası xarici maqnit sahəsinin H intensivliyindən və I maddənin maqnitləşməsindən asılıdır:

$$B = H + 4\pi I.$$

Maqnit nüfuzluğu maqnit qavrayıcılığı ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\mu = 1 + 4\pi\kappa$$

Vakuüm üçün $\mu = 1$, paramaqnit maddələr üçün $\mu > 1$, diamaqnit maddələr üçün $\mu < 1$.

Qeyri-bircins maqnit sahəsinə daxil edilmiş mineral zərrəciyə aşağıdakı düsturla müəyyən edilən F_{maq} maqnit qüvvəsi ilə təsir edəcək,

$$F_{\text{maq}} = m\chi H \text{ grad } H,$$

burada χ – zərrəciyin xüsusi maqnit qavrayıcılığıdır; m - zərrəciyin kütləsi; H - maqnit sahəsinin intensivliyi; $\text{grad } H$ - sahənin gradientidir.

$H \text{grad} H$ hasilı F_s sahənin maqnit qüvvəsi adlanır. Xüsusi maqnit qavrayıcılığı nə qədər yüksəkdirsə, maqnit sahəsi mineral zərrəciyə bir o qədər çox təsir edir. Mineral zərrəciyə təsir edən maqnit qüvvəsi əks istiqamətdə yönəlmiş bütün mexaniki qüvvələrin (cazibə qüvvəsi, ətalət, mərkəzdənqaçma, mühitin müqaviməti və s.) cəmindən böyük olarsa, mineral dənələr separatorun maqnit sisteminin qütblərinə cəzb olunacaq və maqnit məhsuluna ayrılacaq. Maqnit qavrayıcılığı aşağı olan mineral dənələr praktiki olaraq maqnitləşməsinə dəyişmir, xarici maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsirdə olmur və yalnız mexaniki qüvvələrin təsirindən asılı olan trayektoriya boyunca maqnit sahəsində hərəkət edir. Bu mineral zərrəciklər qeyri-maqnit məhsula ayrılır.

Separatorun maqnit sahəsində mineral dənələrin ayrılması aşağıdakı bərabərsizliyin şərti ödənildikdə mümkündür:

$$F_{1\text{maq}} > f_{\text{mex}} > F_{2\text{maq}}$$

və ya

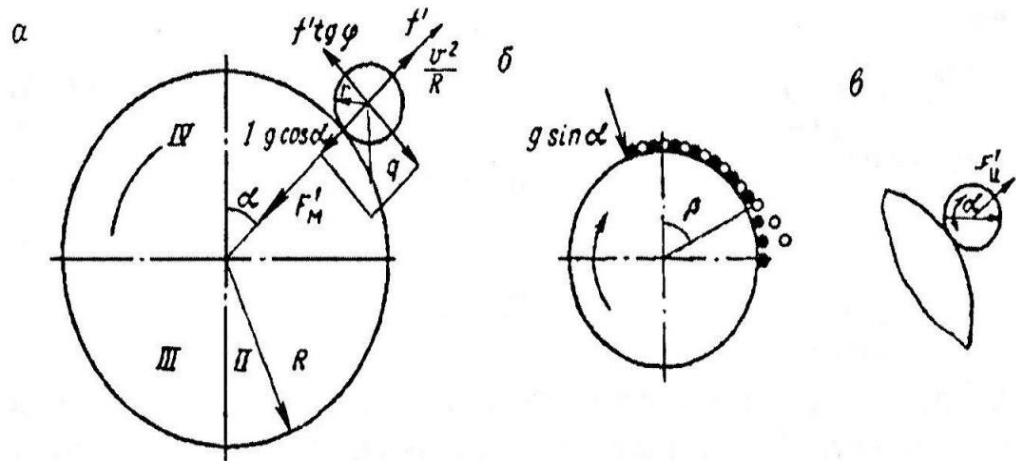
$$\chi_1 (H \text{ grad } H)_1 > f_{\text{mex}} > \chi_2 (H \text{ grad } H)_2,$$

burada $F_{1\text{maq}}$ və $F_{2\text{maq}}$ müvafiq olaraq filiz və qeyri-filiz zərrəciklərinə təsir edən xüsusi maqnit qüvvələridir; f_{mex} – zərrəciyin vahid kütləsinə yönəlmiş bütün mexaniki qüvvələrin əvəzləyicisidir və xüsusi maqnit qüvvələrinin əksinə yönəlmişdir.

Hal-hazırda, ayrılan mineralların maqnit qavrayıcılığının müxtəlifliyinə əsaslanan sabit qeyri-bircins maqnit sahəsində maqnit zənginləşdirmə üsulu çox geniş yayılmışdır.

Maqnit minerallarının çıxarılması rejimində (aşağı qidalanma) və ya onların saxlanması rejimində (yuxarı qidalanma) maqnit və mexaniki qüvvələrin təsirinin dinamikası fərqlidir.

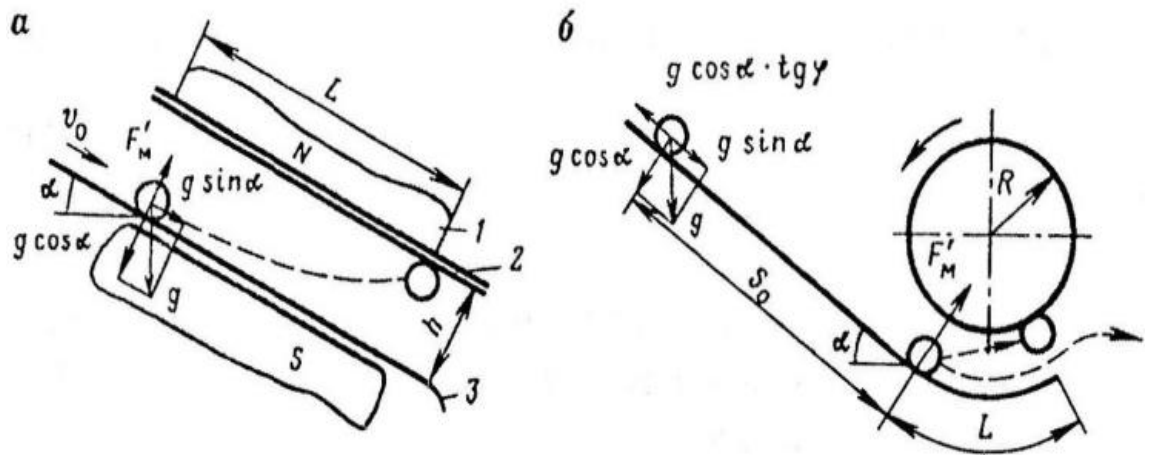
Tutma rejimi. İlk material barabanın yuxarı hissəsinə verilir və separatorun işçi sahəsi boyunca onun hərəkəti əyri xətti trayektoriya üzrə baş verir.



Şəkil 3.2.1 Yuxarıdan qidalanan separatorlarda filiz hissəciyinə təsir edən qüvvələrin sxemləri:

a- aşağı sürət rejimi, b- mərkəzdənqaçma rejimi, b- həmçinin, fırlanan flokullarla incə bölünmüş material üçün olan rejim

Çıxarılma rejimi. İlk material lentin altından verilir, baraban və ya rulon separatorun işçi sahəsində düz və ya əyri yol boyunca hərəkət edir (şəkil 3.2.2)



Şəkil 3.2.2 Dibdən qidalanan separatorlarda filiz hissəciyinə təsir edən qüvvələrin sxemi:

a- filiz və düz xətt üzrə hərəkət edən maqnit məhsulu; 1- maqnit sistemi, 2- lent, 3- nimçə; b- filiz düz xəttlə hərəkət edir, maqnit məhsulu isə- əyri xəttli

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

ABDURAHMANOVA ŞƏFİQƏ YUSİF QIZI

**“FAYDALI QAZINTILARIN ELEKTRİK VƏ MAQNİT ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏ
ÜSULLARI İLƏ İLKİN EMALİ TEXNOLOJİ REJİMLƏRİNİN TƏDQIQI”**

İxtisas - 050605- Dağ- mədən mühəndisliyi ixtisasının

“Faydalı Qazıntıların Zənginləşdirilməsi” ixtisaslaşdırılması üzrə

MAGİSTR DİSSERTASIYASI

Elmi rəhbər: t.e.n., dosent

Mənsimov Akif

BAKİ - 2023

IV FƏSİL MAQNİT ZƏNGİNLƏŞDİRİLMƏ ÜSULLARI İLƏ İLKİN EMALI TEXNOLOJİ REJİMLƏRİNİN TƏDQIQI

4.1. Maqnit zənginləşdirmədən əvvəl filizlərin hazırlanması

Əksər hallarda maqnit zənginləşdirməyə gedən filiz, filizin xüsusiyyətlərindən, qəbul edilmiş ayırma üsulundan asılı olaraq ilkin hazırlıq tələb edir. Filizin hazırlanmasına doqranma, üyütmə, ələmə, tozsuzlaşdırma və ya lildən təmizləmə, maqnitləşdirmə, maqnitsizləşdirmə, qurutma, yandırma daxildir.

Tozsuzlaşdırma və lildən təmizləmə filizin dənəvər hissəsinin ayrılmasını yaxşılaşdırır və xırda parçalanmış filizlərin yaş və quru zənginləşdirilməsi üçün istifadə olunur.

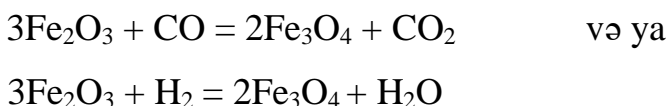
Xırda parçalanmış filizlərin pulpalarının maqnitləşdirilməsi sürətlə çökən maqnit flokullarının əmələ gəlməsi hesabına qatılma və lildən təmizləmə proseslərini sürətləndirmək məqsədilə aparılır.

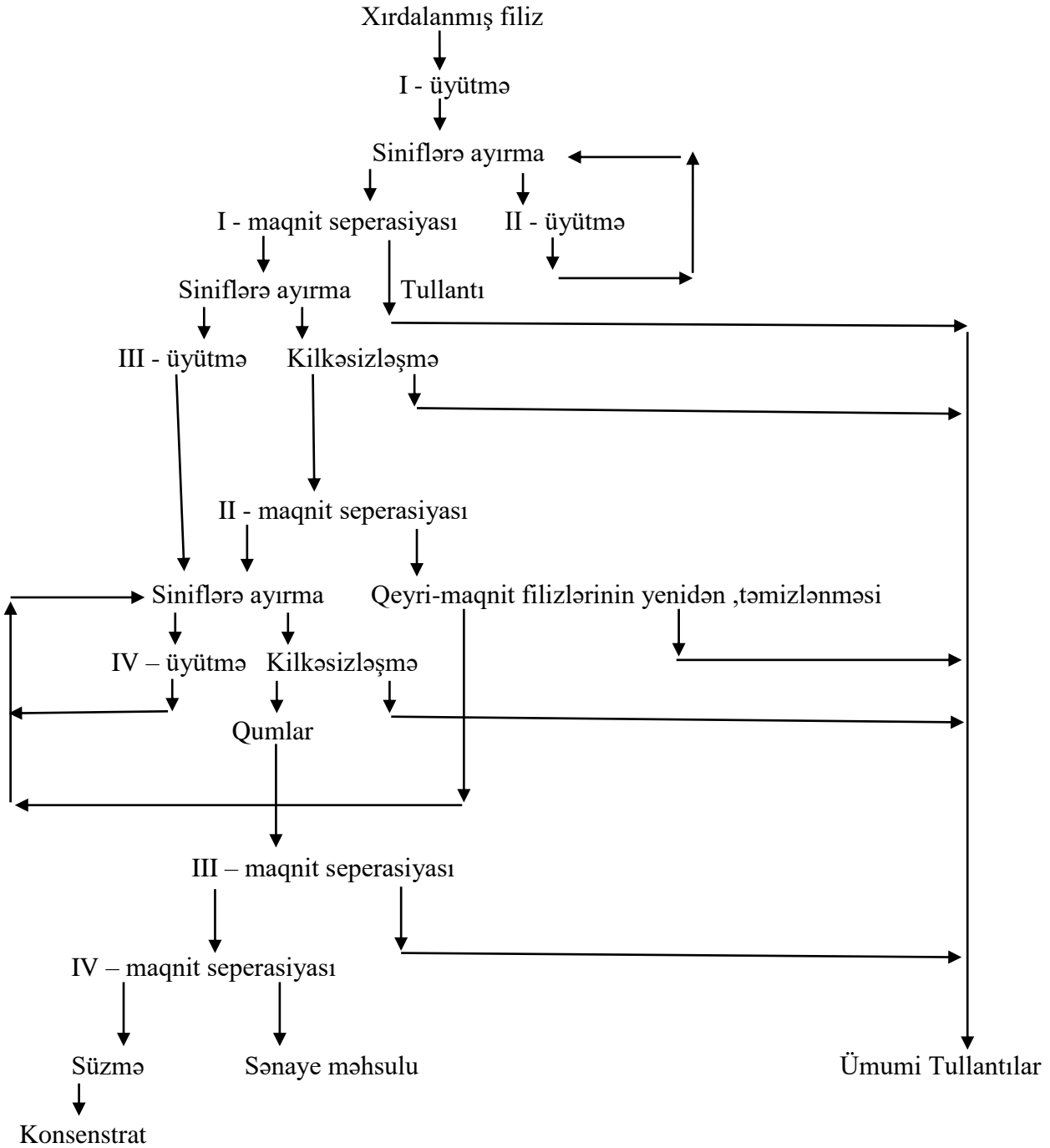
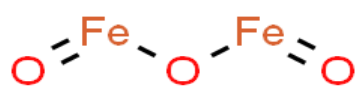
Maqnitsizləşdirmə yaş maqnit zənginləşdirmə sxemlərində maqnit flokullarını separasiyadan, ayırmadan, filtrasiyadan əvvəl dağıtmaq üçün istifadə olunur, çünki onlar bu proseslərin səmərəliliyini kəskin şəkildə azaldır.

Filizin qurudulması quru maqnit separasiyasına məruz qalan filizin səthinin rütubəti icazə verilən həddi aşdıqda və bu, zənginləşdirmənin nəticələrinə mənfi təsir göstərdikdə, tələb olunur.

Maqnitləşdirici (bərpaedici) yandırma, qeyri-maqnit və zəif maqnitli mineralları sonradan adi maqnit zənginləşdirmə sxemlərinə uyğun olaraq zənginləşdirilən süni maqnetit (Fe_3O_4) və ya maqqemitə ($\gamma - Fe_2O_3$) çevirmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Dəmir oksidinin (hematitin) maqnetitə çevrilməsi aşağıdakı reaksiyaya uyğun olaraq baş verir:





Bərpaedici maddələr kimi qaz (karbonmonooksid, koks qazı, hidrogen, təbii qaz və s.), maye (mazut) və bərk (qonur kömür, daş kömür, koks xırdaları və s.) maddələrdən istifadə olunur. Yandırma sobalarda aparılır, filiz parçalarının ölçüsü 25 mm-dən az olmalıdır. Yanma temperaturu: qaz bərpaedicilərdən istifadə edərkən 600-850°C, bərk bərpaedicilərdən istifadə edərkən - 800-950 °C olur.

4.2. Filizlərin maqnit zənginləşdirilməsi

Maqnit zənginləşdirmə prosesi filizi təşkil edən mineralların maqnit xassələrinin müxtəlifliyinə əsaslanır.

Maqnit zənginləşdirilməsi əsasən maqnetitli, titanmaqnetitli, maqnetit- qematitli filiz və konsentratlar, həmçinin volfram-qalaylı filiz və konsentratların bölünməsi, tamamlanması üçün tətbiq edilir. Bütün minerallar xüsusi maqnit qavrayıcılığından asılı olaraq üç qrupa bölünür:

a) Qeyri maqnit minerallar - belə minerallarda xüsusi maqnit qavrayıcılığı (χ) $1,26 \cdot 10^{-7}$ m³/kq-dan kiçikdir. Bu minerallara kvars, çöl şpatı, xüsusi maqnit sirkon, rutil və s. aiddir.

b) Zəifmaqnitli minerallar - belə minerallarda xüsusi maqnit qavrayıcılığı (χ) $7,5 \cdot 10^{-6}$ - $1,26 \cdot 10^{-7}$ m³/kq təşkil edir. Bu minerallara dəmir, manqan oksidləri, hidroksidləri və karbonatlar, həmçinin ilmenit, volframit, biotit və s. aiddir.

c) Güclü maqnit mineralları - belə minerallarda xüsusi maqnit qavrayıcılığı (χ) $4 \cdot 10^{-5}$ m³/kq-dan böyükdür. Bu minerallara maqnetit, franklinit və pirrotin aiddir.

Maqnit minerallarının - qeyri maqnit minerallarından ayrılması güclü maqnit sahəsində baş verir. Müxtəlif maqnit xassəli hissəciklər maqnit sahəsində müxtəlif trayektoriya ilə hərəkət edir. Bu da öz növbəsində maqnit minerallarının maqnit məhsuluna, qeyri maqnit minerallarının isə qeyri maqnit hissəciklərinə ayırır. Proses aşağıdakı kimi baş verir:

Maqnitlər və gərginlikli naqillər həmişə maqnit sahəsi ilə əhatə olunur. Maqnit sahəsinə yerləşdirilmiş gərginlikli naqillərə qüvvə təsir edir. Maqnit sahəsi induksiyası vektor kəmiyyətdir. Maqnit sahəsi gərginliyi mühitin xassəsindən aslı deyil. Maqnit sahəsi bircinsli və qeyri-bircinsli olur. Maqnit hissəciklərini qeyri-maqnit hissəciklərindən ayıran qurğular maqnit separatorlar adlanır. Maqnit separatorlarında ancaq qeyri bircinsli maqnit sahəsi tətbiq edilir. Maqnit sahəsində mineral hissəciklərinə təsir edən maqnit qüvvəsi potensial enerjiyə malikdir. Mineral hissəciklərin maqnit sahəsində özlərini aparması mineralların maqnit qavrayıcılığından aslıdır. Maqnit separatorlarında zənginləşdirilən minerallar nisbi maqnit qavrayıcılığına malikdirlər.

Maqnit qavrayıcılığı sabit maqnit sahəsində hissəciklərin özlərinin aparmasını təyin edən əsas fiziki xassədir.

Hal-hazırda maqnit separatorları gərginlik dərəcəsiindən, üsuldən (quru və nəm), ilkin materialın yükləmə üsulundan, filiz və zənginləşdirmə məhsullarının hərəkət istiqamətindən, konstruktiv xüsusiyyətlərdən aslı olaraq təsnif edilir.

Maqnit sahəsinin gərginlik dərəcəsiindən aslı olaraq separatorlar iki qrupa bölünür:

1. Güclü maqnitli filizlərin zənginləşdirilməsi üçün nisbətən zəif maqnit sahəsinə 80-120 kA/m malik olan separatorlar;
2. Zəifmaqnitli filizlərin zənginləşdirilməsi üçün isə güclü maqnit sahəsinə 800-1600 kA/m malik olan separatorlar.

Güclü maqnit sahəli separatorlar narın üyüdülmüş filizin həm quru, həm də nəm zənginləşdirilməsi, zəif sahəli separatorlar isə adətən iri filizin quru və xırda filizin nəm zənginləşdirilməsi üçün tətbiq edilir.

İşçi zonaya ilkin materialın verilməsinə görə separatorlar iki yerə bölünür: üstədən və altdan yüklənən.

Növlərindən aslı olaraq maqnit separatorları müxtəlif cür markalanır.

Maqnit sistemlərindən aslı olaraq elektromaqnit və daimi maqnit separatorlar mövcuddur. Bu separatorlar müvafiq olaraq Θ və ya Π hərfləri ilə təyin olunur. Quru və

yaş zənginləşdirmə üçün separatorlar müvafiq olaraq C və ya M hərfləri ilə təyin olunur. İşçi orqanın konstruksiyasına görə separatorlar baraban (Б), valcıq (В), disk (Д), diyircəkli (Р) və s. bölünür. İlkin qidalanmanın hərəkət istiqamətindən və separatorun işçi orqanından asılı olaraq, materialın hərəkət istiqaməti işçi orqanın hərəkət istiqaməti ilə üst-üstə düşən düz axın; əks cərəyan (П), onların hərəkət istiqaməti əksinədir; yarı əks cərəyan (П П) — hərəkət istiqaməti birləşdirilmişdir. Maqnit separatorların markalanması hərflərin qarşısındakı rəqəmləri də ehtiva edən nəzərdə tutulan təyinatlardan hazırlanır. Onlar barabanların, valcıqların və ya disklərin sayını göstərir. Hərflərdən sonra gələn rəqəmlər separatorun işçi orqanının diametrini və uzunluğunu göstərir (məsələn, ПБМ-ПІІ-90/250-diametri 900 mm və uzunluğu 2500 mm olan bir barabanla yaş zənginləşdirmə üçün yarı əks cərəyan təchizatı ilə daimi maqnit baraban separatoru; və ya 2ЭБС-15/80-diametri 150 və uzunluğu 800 mm olan valcıqlarla quru zənginləşdirmə üçün iki valcıqlı elektromaqnit separator). Bəzən separatorlarda maqnit fraksiyasının dövriyyəsi (Ц) təmin edilir.

171А-СЭ, 20Б-СЭ, ПБС-1 və s. markalı separatorlar güclü maqnitli filizlərin quru zənginləşdirilməsi zamanı istifadə olunur.

Güclü maqnitli filizlərin quru zənginləşdirilməsi üçün maqnit separatorlarında ilkin material üstədən verilir. Bu növün ən sadəsi şki separatorudur. Ölçüsü 10-20mm-dən 100-122 mm olan filizlərin zənginləşdirilməsinə tətbiq edilir. Belə separatorlar özlüyündə qısa lentli konveyerdən ibarətdir. Aparan baraban maqnit şkividir. Elektromaqnitlər barabanın bütün uzununu boyu yerləşir və onunla birlikdə fırlanır. Xırdalanmış filiz 2 m/san sürəti ilə hərəkət edən lentə yüklənir. Filizin maqnitli hissələri şkiyə yapışır, qeyri-maqnit hissələr mərkəzdən qaçma qüvvəsi təsirindən lentin səthində ayrılır və qeyri-maqnit məhsul qəbuledicisinə istiqamətlənir.

Güclü maqnitli filizlərin quru zənginləşdirmə separatorlarının texniki xarakteristikaları aşağıdakı cədvəldə qeyd olunmuşdur.

Quru zənginləşdirmə separatorlarının texniki xarakteristikaları Cədvəl 4.2.1

Göstəricilər	Marka		
	171A-CƏ	20Б-CƏ	ПБС-1
Məhsuldarlıq, t/s	60	≤20	400
Barabanın ölçüləri, mm			
- Diametri	900	600	600
- Uzunluğu	1000	500	200
- İşçi zonanın uzunluğu	-	410	-
Barabanın dövrlərinin sayı, dövr/dəq			
- Üst	25	55-300	49-102
- Alt	-	-	31; 49
Barabanın səthində maqnit sahəsinin gərginlik dərəcəsi, Ə	1400-1500	1300	-
Separatorun kütləsi, kq	4710	584	9918



Şəkil 4.2.1. 171A-CƏ markalı separatorun görünüşü və iş prinsipi

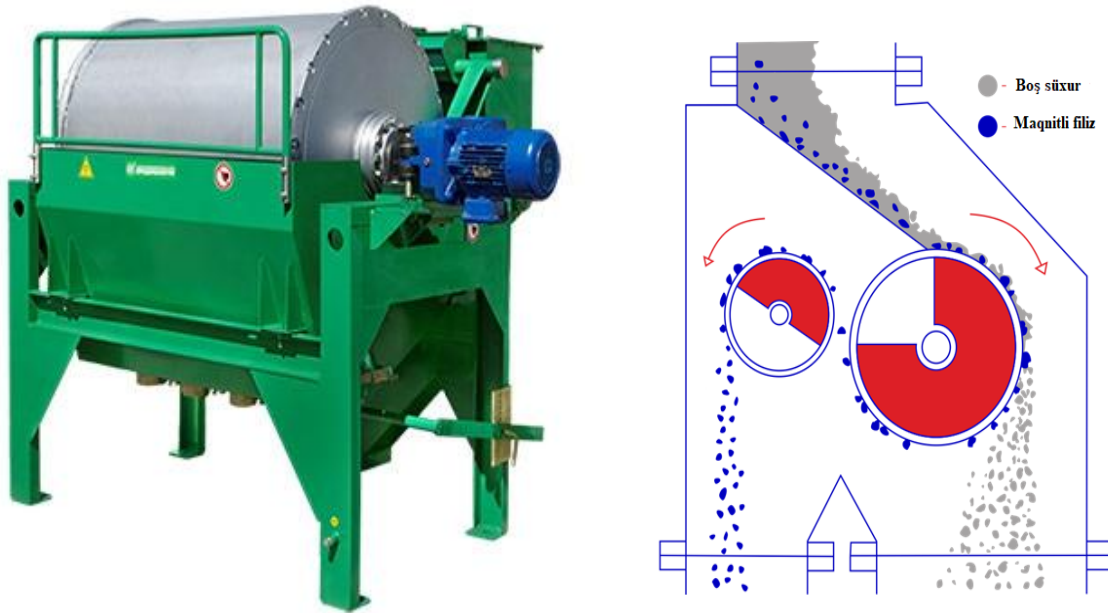
ПБМ-2, ПБМ-63/100 (214А-СЭ), ПБМ-90/250 (209Б-СЭ) markalı maqnit seperatorları güclü maqnitli filizlərin nəm zənginləşdirilməsində tətbiq edilir.

Güclü maqnitli filizlərin nəm zənginləşdirilməsi üçün ilkin xammal altdan verilən barabanlı seperatorlar işlədilir. Bu növ seperatorlara ПБМ növlü seperatorlar aid edilir. ПБМ -90/250 növlü barabanlı seperatorların barabanının diametri 900 mm, uzunluğu 2500 mm olur. Onlar düz axınlı, əks axınlı və yarım axınlı olmaqla hazırlanır.

Güclümaqnitli filizlərin nəm zənginləşdirmə maqnit seperatorlarının texniki xarakteristikaları aşağıdakı cədvəldə qeyd olunmuşdur.

Nəm zənginləşdirmə maqnit seperatorlarının texniki xarakteristikaları-Cədvəl 4.2.2

Göstəricilər	Marka		
	ПБМ-2	ПБМ-63/100 (214А-СЭ)	ПБМ-90/250 (209Б-СЭ)
Məhsuldarlıq, t/s	≤35	6	1300-180
Barabanın ölçüləri, mm			
- Diametri	600	-	900
- Uzunluğu	1500	-	2500
Barabanın dövrlərinin sayı, dövr/dəq	39	25; 30	26
Barabanın səthində maqnit sahəsinin gərginlik dərəcəsi, kA/m	90	55	88
Yükləmə iriliyi, mm	<6	2,5-0	6-0
Seperatorun kütləsi, kq	1180	1285	3790

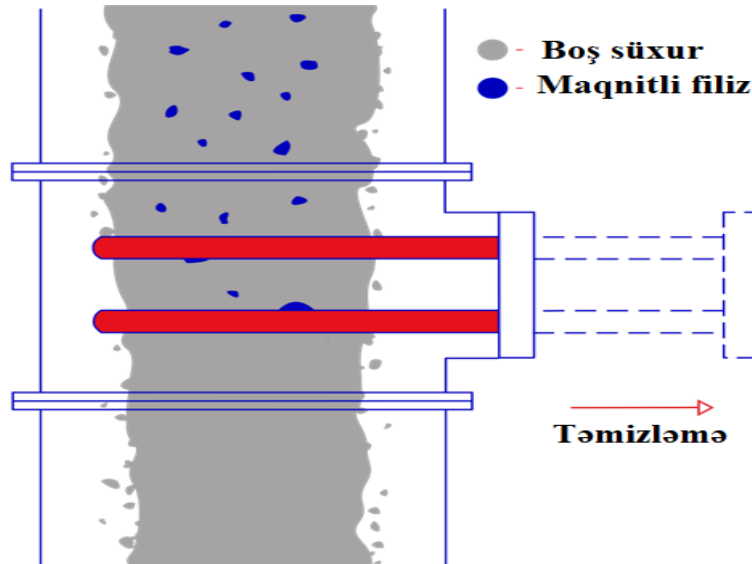


Şəkil 4.2.3. ПБМ -90/250 növlü barabanlı seperatorun görünüşü və iş prinsipi

İriliyi 6 mm-ə qədər olan zəifmaqnitli filizlərin quru zənginləşdirilməsində ЭРС və ЭДС tipli maqnit eksperatorları işlədilir.

Zəifmaqnitli filizlərin quru zənginləşdirilməsi üçün ЭРС-1 tipli ikikaskadlı diyircəkli seperatorun texniki xarakteristikaları aşağıdakı cədvəldə qeyd olunmuşdur. ЭРС-1 tipli ikikaskadlı diyircəkli seperatorun texniki xarakteristikası - Cədvəl 4.2.3

Göstəricilər	ЭРС-1 markalı seperator
Məhsuldarlıq, t/s	1,6-3
Kaskadda diyircəklərin sayı, ədəd	3
Diyircəklərin diametri, mm	100
Diyircəyin aktiv uzunluğu, mm	775
Diyircəklərin dövrlər sayı, dövr/dəq	58
Maqnit sahəsinin gərginlik dərəcəsi, Э	16000
Seperatorun kütləsi, kq	5670



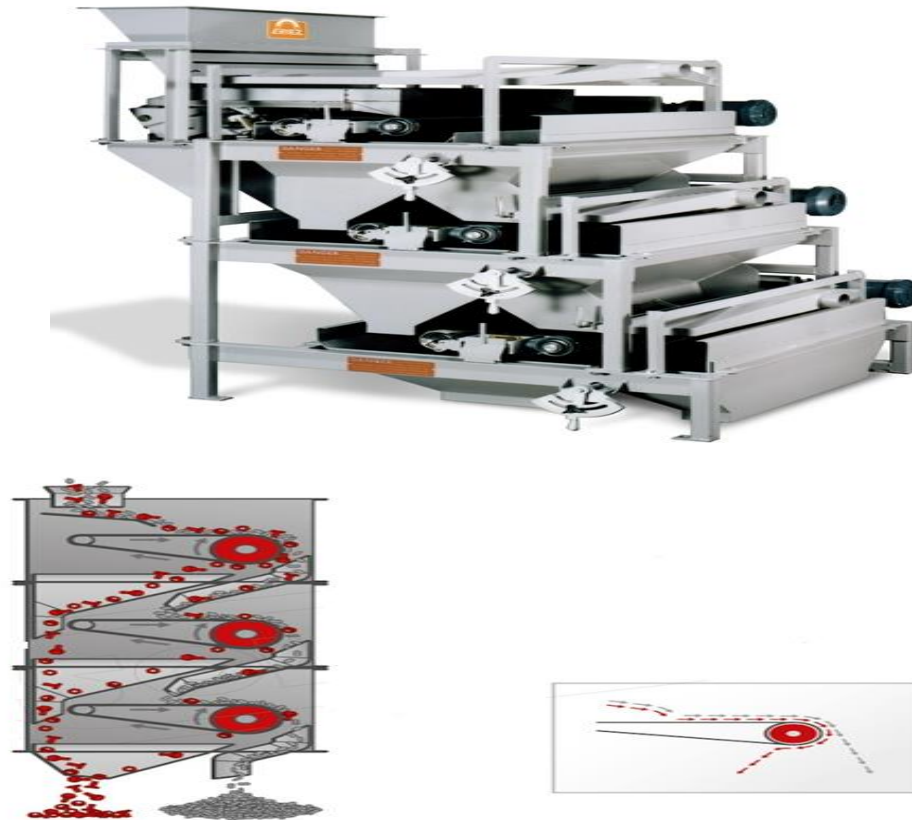
Şəkil 4.2.4. ЭРС-1 tipli ikikaskadlı diyircəkli separatorun görünüşü və iş prinsipi

Zəif maqnitli filizlərin nəm zənginləşdirilməsi üçün müxtəlif konstruksiyalı vallı separatorlar tətbiq edilir. 4 vallı ЭРМ-4 növlü maqnit separatoru vallardan maqnit qatından qəbul edicidən ibarətdir. ЭРМ-4 növlü 4 vallı maqnit separatorları iriliyi 5 mm-ə qədər olan zəif maqnitli, manqan və digər filizlərin zənginləşməsinə tətbiq edilir.

Zəifmaqnitli filizlərin nəm zənginləşdirilməsi üçün ЭРМ-4 tipli maqnit separatorun texniki xarakteristikaları aşağıdakı cədvəldə qeyd olunmuşdur.

ƏPM-4 tipli maqnit seperatorun texniki xarakteristikası-Cədvəl 4.2.4

Göstəricilər	ƏPM-4 markalı seperator
Məhsuldarlıq, t/s	16-22
Valların ölçüləri, mm	
- Diametri	375
- Uzunluğu	3206
Yükləmə eni, mm	5000
İşçi yarığın ölçüsü, mm	10-12
Su sərfi, m ³ /s	50
Maqnit sahəsinin gərginlik dərəcəsi, Ə	1274
Qabarit ölçüləri, mm	
- Uzunluğu	4940
- Eni	2400
- Hündürlüyü	2771
Seperatorun kütləsi, kq	3488



Şəkil 4.2.5. ƏPM-4 növlü maqnit seperatorun görünüşü və iş prinsipi

Quru seperasiya üçün maqnit separatorlarının məhsuldarlığı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$Q = 0,82n(L-0,1)\delta v \frac{d_2-d_1}{\lg d_2/d_1} ab, \text{ t/saat}$$

Burada,

n - əsas seperasiya üçün barabanların sayı;

L - barabanların uzunluğu, m;

v - barabanda material qatının hərəkət sürəti, m/san;

δ - filizin sıxlığı, t/m³;

d_1 – yüklənən filiz dənələrinin minimal diametri, mm;

d_2 – yüklənən filiz dənələrinin maksimal diametri, mm;

a - əmsaldır ($a=0,6-2,5$);

b - yenidən təmizləmə və əsas barabanların nisbətini nəzərə alan əmsaldır ($b=1-1,5$);

Güclü maqnitli filizlərin nəm separasiyası üçün olan separatorların məhsuldarlığı isə aşağıdakı düstur vasitəsi ilə təyin edilir:

$$Q = qn(L - 0,1)$$

q – xüsusi yük (t/m·saat);

n – separatorada əsas barabanların sayı, ədəd;

L – hər bir barabanın uzunluğudur, m.

Aşağıdan yüklənən laboratoriya induksiya – diyircəkli separator az miqdar zəifmaqnitli filiz və materialların quru zənginləşdirilməsi üçün istifadə olunur. Bu separator qapalı maqnit sistemindən ibarətdir. Hava boşluğunda diyircək fırlanır. Maqnit sistemi sabit cərəyan ilə təchiz edilən dolaqdan və qütblü ucluqdan ibarətdir.

Separatorun diyircəyi özlüyündə üzərində dəmir disklər oturmuş valdır. Qütblərin addımı (iki qonşu disk mərkəzləri arasındakı məsafə) zənginləşdiriləcək filizin iriliyindən asılı olaraq seçilir.

Seperator aşağıdakı kimi işləyir:

Susuzlaşdırılmış ilkin material bərabər olaraq üst cərgədə olan valların işçi zonasında bölünür. Güclü maqnit sahəsindən hansı ki bunu elektromaqnit sistem yaradır, maqnit hissəcikləri fırlanan valların səthinə yapışır və onlarla birlikdə konsentrat şöbəsinə daxil olur. Qeyri-maqnit fraksiya ağırlıq qüvvəsi təsirindən, yarıqdan qütblü ucluğa daxil olur. Separatora daxil olan material 3 məhsula bölünür. I – güclü maqnit fraksiya konsentrat, II – zəif maqnit fraksiya konsentrat, III – qeyri-maqnit fraksiya yəni tullantı.

4.3. Separatorların maqnit sahələri

Maqnit zənginləşdirmədə yalnız qeyri-bircins maqnit sahələrindən istifadə olunur. Belə sahələr separatorun maqnit sisteminin qütblərinin uyğun forması və düzülüşü ilə yaradılır.

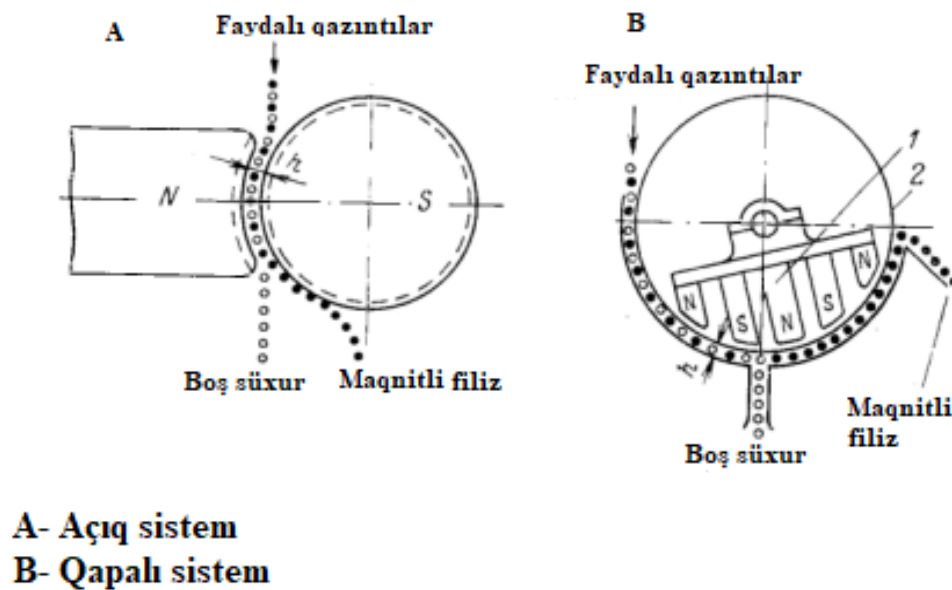
Maqnit sistemləri açıq və qapalı olur.

Güclü maqnit sahəsi olan, zəif maqnitli filizlərin zənginləşdirilməsi üçün istifadə edilən separatorlarda adətən qapalı maqnit sistemləri, yüksək maqnitli filizlərin zənginləşdirilməsi üçün istifadə edilən zəif maqnit sahəsi olan separatorlarda isə açıq çoxqütblü maqnit sistemləri istifadə olunur. Sistemlər ya elektromaqnitlərdən (elektromaqnit separatorlar adlandırılır), ya da sabit maqnitlərdən (maqnit separatorlar adlandırılır) ibarət ola bilər.

Qapalı maqnit sistemlərində biri-birinə qarşı əks istiqamətdə yerləşmiş iki müxtəlif işarəli qütb arasındakı zonada maqnit sahəsi yaranır. Qütblərin forması müstəvi, sferik, dişli və s. ola bilər. Şəkil 4.3.1 (A)-da iki qütblə təqdim olunan qapalı maqnit sistemi göstərilib, burada bir qütb S fırlanan baraban, ikinci qütb isə tərpənməz müstəvidir. Məsafəsi h olan qütblər arası boşluq separatorun işçi sahəsini təşkil edir. Qapalı maqnit sistemi olan separatorlar zonasındakı qütblər arasındakı bu məsafə kiçikdir (adətən 6 mm-dən çox deyil), bu da daha böyük məsafədə sıx bir sahə yaratmaq çətinliyi ilə izah olunur.

Buna görə də, bu tip separatorlarda zənginləşdiriləcək materialın ölçüsü 3-5 mm-dən çox olmur.

Açıq maqnit sistemləri kənarları düz və ya silindrik səthdə yerləşən sabit və ya dəyişkən qütblü bir sıra qütblərdən ibarətdir. Kənarları silindrik səth (2) boyunca yerləşən dəyişkən qütblü (1), açıq çoxqütblü maqnit sistemi Şəkil 4.3.1 (B)-də göstərilmişdir. Açıq maqnit sistemi olan separatorlarda işçi gövdəsi (baraban, val) ilə çənin dibi arasında böyük məsafə h olur və buna görə də onlarda 100 mm-ə qədər hissəcik ölçüsü olan material zənginləşdirilə bilər (quru ayırma).



Şəkil 4.3.1. Seperatorların maqnit sistemi

İncə üyüdülmüş yüksək maqnitli mineralların maqnitlə ayrılması prosesi maqnit və mexaniki olaraq tutulmuş qeyri-maqnit hissəciklərdən və bir-birinin ardınca bitişiklərdən ibarət olan flokulların (aqreqatların) əmələ gəlməsi ilə müşayiət olunur. Maqnit flokulyasiya fenomeni zənginləşdirmənin səmərəliliyinə təsir edir, maqnit konsentratının keyfiyyətini azaldır. Daha təmiz bir maqnit məhsulu əldə etmək üçün baraban dəyişkən qütblü bir maqnit sistemi ətrafında fırlandıqda, bir qütblədən digərinə keçərkən maqnit materialının dənələri yenidən istiqamətləndirilir, nəticədə maqnit hissəcikləri flokulların

dağılması ilə qarışır və onlardan qeyri-maqnit hissəciklər əmələ gəlir. Lakin hərəkət sahəsinin qütbünün dəyişdirilməsi tezliyi barabanın fırlanma sürətindən asılıdır və flokulların effektiv şəkildə dağılması üçün həmişə kifayət deyil. Buna görə də yüksək tezlikli hərəkət sahəsi yaratmaq üçün üç fazalı elektromaqnit sistemləri, titrəyən sistemlər və s. istifadə olunur. Belə sistemləri olan separatorlar daha yüksək xüsusi məhsuldarlığa və zənginləşdirmə səmərəliliyinə malikdir.

Sabit maqnitlərin maqnit sistemləri alüminium, nikel, kobalt və dəmirdən, ibarət olan ЮНДК-24 ərintisindən və ya anizotrop barium ferritindən hazırlanır. Sabit maqnitlərin maqnit sistemləri sadə, təhlükəsiz, qənaətcildir, lakin müəyyən müddətdən sonra sistemin tədricən demaqnitsizləşməsi səbəbindən yenilənməsi tələb olunur.

Elektromaqnitdən olan maqnit sistemləri sarğaclər, sarğaca yerləşdirilmiş içliklər və qütb ucluqlarından ibarətdir. Sarğaclər sabit cərəyanla qidalanır. Bu maqnit sistemlərinin əvvəlkilərdən üstün cəhətləri yoxdur, lakin onlarda sarğaclərdə cərəyan şiddətini dəyişdirərək sahənin gərginliyini dəyişmək (müəyyən hədlər daxilində) mümkündür.

Poligradient maqnit sahələri kiçik ferromaqnit cisimləri (kürələr, lövhələr, silindrlər, millər və s.) ilə doldurulmuş bir maqnitin iki qütbü arasındakı boşluqda əmələ gəlir, onların düzülüşü nizamlanmayıbdır. Maqnit sahəsində maqnitləşərək, bu cisimlər öz səthində onlara cəlb olunan maqnit hissəciklərini sahənin olmadığı zonaya daşıyan daşıyıcı-maqnitlərə çevrilirlər. Bu zonada maqnit fraksiya yuyulur və ya üfürülür, ferromaqnit cisimlər isə yenidən separatorun iş sahəsinə qayıdırlar. Qeyri-maqnit hissəciklər ferromaqnit cisimləri arası ilə keçir və ayrıca qəbulediciyə boşaldılır.

NƏTİCƏ

1. Elektrik zənginləşdirilmə üsulları araşdırılıb və analiz edilmişdir.
2. Elektrik zənginləşdirilmə üsulları ilə faydalı qazıntıların ilkin emalı texnoloji rejimlərinin tədqiqi mexanizmi araşdırılmışdır.
3. Maqnit zənginləşdirilmə üsulları araşdırılıb və analiz edilmişdir.
4. Maqnit zənginləşdirilmə üsulları ilə faydalı qazıntıların ilkin emalı texnoloji rejimlərinin tədqiqi mexanizmi araşdırılmışdır.
5. Maqnit zənginləşdirilmə üsulları həyata keçirən maşınların mexanizmi araşdırılmışdır.
6. Faydalı qazıntıların elektrik və maqnit zənginləşdirilmə üsulları ilə ilkin emalı texnoloji rejimləri araşdırılmışdır. Azərbaycan Respublikasında maqnit tərkibli filizlərin yeni separatorlarla daha səmərəli zənginləşdirilməsi üçün müəyyən yollar araşdırılmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. R.V.İslamov və b. “Filizlərin zənginləşdirilməsi”. Bakı 2008.
2. Шилаев В. П. Основы обогащения полезных ископаемых. Учебное пособие для вузов .— М .: Недра, 1986, 296 с.
3. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых: Учебник для вузов: В 2 т. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006.
4. Разумов К.А., Перов В.А. “Проектирование обогатительных фабрик” . Москва 1982.
5. А.А. Абрамов “ Обогащение руд цветных и редких металлов ” . Москва. Недра. 1991.
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 mədən mühəndisliyinə giriş” В. 2020. Mühazirə konspekti.