

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**  
**YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU**

*Əlyazması hüququnda*

Mustafayeva Məryəm xanım Faiq qızı, İsmayılov Kamil Elxan oğlu,  
Balabəyov Seymur Vidadi oğlu, Quliyev Hüseyn Rasim oğlu,  
Cəfərov Məmməd Qəzənfər oğlu

**METALLURJİ TULLANTILARIN TƏTBİQİ İLƏ YENİ XASSƏLİ TİKİNTİ**  
**MATERİALLARININ İSTEHSALI mövzusunda**

**MAGİSTR LİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060646** “Təkrar emal və bərpa texnologiyaları mühəndisliyi”

**İxtisaslaşma:** “Metallurji tullantılarının təkrar emal texnologiyaları”

**Elmi rəhbər:** k.e.n., dosent Şirinova Nəcibə Əhməd qızı

**BAKİ – 2024**

**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNIVERSİTETİ**  
**YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU**

***MAGİSTRANTIN ANDI***

“Metallurji tullantılarının tətbiqi ilə yeni xassəli tikinti materiallarının istehsalı” mövzusunda təqdim etdiyimiz magistrlik dissertasiyasını elmi əxlaq normalarına və istinad qaydalarına tam riayət etməklə və istifadə etdiyimiz bütün mənbələri ədəbiyyat siyahısında əks etdirməklə yazdığımız and içirik və magistrlik dissertasiyasının AzTU Kitabxana İnformasiya Mərkəzində saxlanılması, həmin mərkəz tərəfindən AzTU Rəqəmsal Repozitoriyasına daxil edilərək repozitoriyanın veb saytında yerləşdirilməsinə icazə veririk.

Mustafayeva Məryəmxanım Faiq qızı

\_\_\_\_\_

imza

İsmayılov Kamil Elxan oğlu

\_\_\_\_\_

imza

Balabəyov Seymur Vidadi oğlu

\_\_\_\_\_

imza

Quliyev Hüseyn Rasim oğlu

\_\_\_\_\_

imza

Cəfərov Məmməd Qəzənfər oğlu

\_\_\_\_\_

imza

***Tarix***

## MÜNDƏRİCAT

<b>İXTİSARLARIN SIYAHISI</b> .....	5
<b>GİRİŞ</b> .....	7
<b>I FƏSİL. (Mustafayeva Məryəmxanım Faiq qızı) METALLURJİ TULLANTILAR BARƏDƏ ÜMUMİ MƏLUMAT</b>	
1.1. Metallurjiya sənayesinin xammal və istehsalat tullantıları .....	8
1.2. Qara metallurjiyada tullantıların yaranma texnologiyası və xarakteristikası.....	12
1.3. Əlvan metallurjiyada tullantıların yaranma texnologiyası və xarakteristikası.....	15
<b>II FƏSİL. METALLURJİ POSALARIN TƏRKİBİNİN ONLARIN XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ</b>	
2.1. (İsmayılov Kamil Elxan oğlu) Metallurji texnologiyadan asılı olaraq posaların tərkibi .....	19
2.2. Posanın kristal komponentinin tərkibinin öyrənilməsi .....	22
2.3. Posaların faza tərkibi .....	24
2.4.(Balabəyov Seymur Vidadi oğlu) Metallurjiya posalarının radioaktivliyi.....	30
2.5. Posaların hidravlik aktivliyi və yapışdırıcılıq xassələri.....	33
2.6. Posaların sorbsiya xassəsinin tədqiqi.....	36
<b>III. FƏSİL. MÜXTƏLİF TİKİNTİ MATERIALLARI İSTEHSALINDA METALLURJİ POSALARDAN İSTİFADƏ</b>	
3.1. (Quliyev Hüseyn Rasim oğlu) İnşaat materialları istehsalı texnologiyasında metallurjiya tullantılarından istifadənin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi.....	41
3.2. Portlandsement istehsalında metallurjiya posalarının istifadəsi.....	44
3.3. Posaların dənəvərləşdirilmə məhsulları.....	47
3.4.( Cəfərov Məmməd Qəzənfər oğlu) Metallurji posaların tətbiqi ilə yeni xassəli beton istehsalı.....	51
3.5. Keramika məmulatları istehsalında metallurji posaların tətbiqi .....	57
3.6. Metallurjiya posalarından yapışdırıcı kimi istifadə .....	61
<b>HESABATLAR</b> .....	66

<b>NƏTİCƏLƏR.....</b>	<b>68</b>
<b>İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYAT.....</b>	<b>69</b>

## GİRİŞ

**Mövzunun aktuallığı.** Metallurgiya hər bir dövlətin iqtisadiyyatında əsas və aparıcı rol oynayan sənaye sahəsi sayılır. Bu sənaye sahəsi qara və əlvan metallurgiyaya bölünməklə həm dövlətin metallurgiya məhsullarına olan tələbatını ödəyir, həm də metallurgiya sənayesi inkişaf etmiş dövlətlər dünya bazarına metallurgiya məhsullarını təqdim edirlər. Bundan əlavə metallurgiyada bir çox sənaye tullantıları yaranır ki, bunlar həm istehsal olunan məhsulun maya dəyərini yüksəldir, həm də ətraf mühiti çirkləndirir. Metallurgiya sənayesində ilkin tullantılar filizin zənginləşdirilməsi zamanı yaranır. Belə ki, 70 milyon ton filiz emal edilərkən mədən və emal zavodlarında orta hesabla 45 milyon tondan artıq tullantı əmələ gəlir. Son dövrlərdə bütün dövlətlər qarşısında tullantısız texnologiyaların yaradılması aktual problem olub, çünki bu texnologiyalar həm təbii resurslara qənaət etməyə imkan verir, həm də ətraf mühitin tullantılarınla çirklənməsinin qarşısı alınır. Bu səbəbdən metalların əridilməsi zamanı yaranan posaların məqsədyönlü istifadəsi, onların yeni tərkibli məmulatlar istehsalına cəlb edilməsi nəinki resurslara qənaətə yol açır, həm də yeni və daha üstün xassəli məhsulların alınmasına imkanlar yaradır. Xüsusilə də tikinti materialları istehsalında metallurji posalardan istifadə daha ketfiyyətli tikinti məhsullarının alınmasına şərait yaradır. Təbii resurslara qənaət, yeni və daha üstün xassəli tikinti materialları istehsalının təşkili, ətraf mühitin posa tullantılarından qorunması zəmanəmizin aktual problemidir.

**Tədqiqatın məqsədi.** Metallurgiya posalarının yaranması səbəblərini araşdırmaq, posaların kimyəvi tərkibinin, faza tərkibinin, radioaktivliyinin, hidravlik aktivliyinin, yapışdırıcılıq və sorbsiya qabiliyyətinin tədqiqi, posalardan yeni tərkibli tikinti materialları istehsalında tətbiq sahələrinin və iqtisadi səmərənin araşdırılması.

**Tədqiqatın predmeti və obyektı.** Fiziki və kimyəvi xassələri tədqiq edilmiş metallurgiya posalarından üzlük kərpic, yeni xassəli beton, portlandsement, dənəvərləşdirmə məmulatların alınması texnologiyasının işlənilməsi.

**Elmi yenilik.** Metallurgiya sənayesində yaranmış posaların radioaktivliyinin, kimyəvi xassələrinin müasir analiz üsulları ilə tədqiqi, tikinti məmulatları istehsalında təbii xammalların posalarla əvəz edilməsinin alınan məhsulların istismar xassələrinə

təsirinin araşdırılması, posalardan istifadə ilə yaranan iqtisadi gəlirin müəyyənləşdirilməsi.

**Təcrübi əhəmiyyəti.** Araşdırmaların nəticələrinin tikinti məhsulları istehsal edən müəssisələrə yönəldilməsi, tullantılardan istifadə etməklə yeni və üstün xassələrə malik məhsulların istehsal edilməsinə və ətraf mühitdə əkinə yararlı torpaqların posalarla çirklənməsinin qarşısını almağa imkan yaradır.

**İşin müzakirəsi.** İşin əsas məzmunu “Kimya texnologiya, təkrar emal və ekologiya” kafedrasının elmi seminarlarında, bakalavr və magistrantların elmi-texniki konfranslarında (2023 və 2024) məruzə və müzakirə edilmişdir.

**İşin həcmi və strukturu.** Dissertasiya işi 73 səhifə həcmində giriş, üç fəsil və nəticələrdən ibarət olub, tərkibində 17 cədvəl, 19 şəkil və 39 adda istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı vardır.

**Tədqiqatın aprobasiyası.** Dissertasiya işinin nəticələri aşağıda göstərilən konfranslarda məruzə edilmişdir: Qərbi Kaspi Universitetində Ümumilli lider H.Əliyevin anadan olmasının 100-cü ildönümünə həsr edilmiş ali məktəb tələbə və magistrantların XXVII Respublika Elmi-praktiki Konfransı (may 2023, Bakı), Görkəmli dövlət xadimi Heydər Əliyevin anadan olmasının 101 illiyinə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar” mövzusunda IX Respublika elmi-texniki konfransı (may 2024, Bakı), Sumqayıt Dövlət Universitetində magistrantların XXIV Respublika elmi konfransı (may 2024, Sumqayıt).

## İXTİSARLARIN SİYAHISI

QMP- qara metallurgiya posaları

ƏMP-əlvən metallurgiya posaları

DP-domna posası

PP- poladəritmə posaları

RFA –rentgen-faza analizi

KF-kristal fazalar

EZMÜ- elektron-zond mikroanalizi üsulu

TR- təbii radionuklidlər

QŞSÜ-Qamma-şüa spektrometriya üsulu

PSS-Posaların sorpsiya xassələri

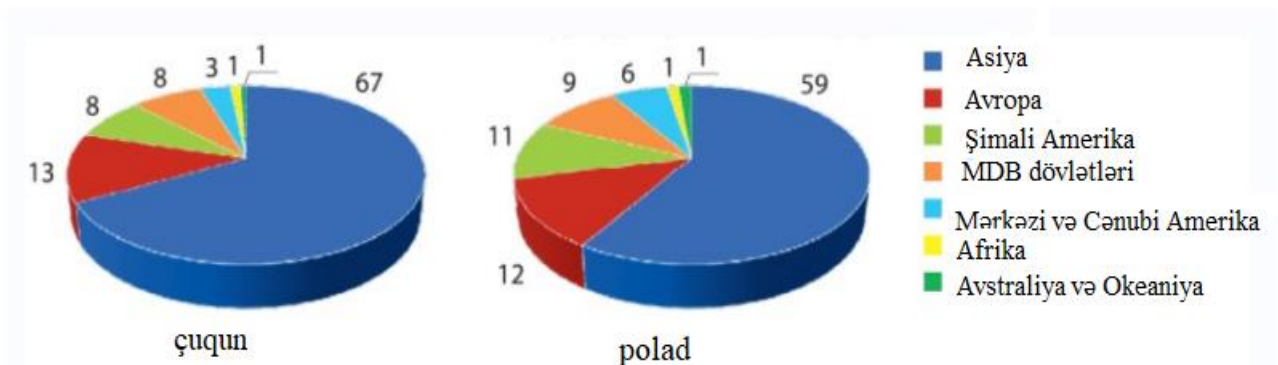
TÇ-tökmə çinqil

QP-qranullaşdırılmış posalar

## I FƏSİL. METALLURJİ TULLANTILAR BARƏDƏ ÜMUMİ MƏLUMAT

### 1.1. Metallurgiya sənayesinin xammal və istehsalat tullantıları

Hər bir inkişaf etmiş sənaye dövlətlərində ağır sənaye, xüsusilə də, metallurgiya iqtisadiyyatın əsasını təşkil edir. Dünya səviyyəsində metallurgiya sənayesi inkişaf etmiş ölkələrin statistik məlumatlarına nəzər salsaq görürük ki, qara metallurgiya sənayesi, yəni çuqun və poladın istehsalı ilə bütün kontinentlərin dövlətləri məşğul olur (şəkil 1.1) (<http://profil.adu.by/mod>). Metallurgiya sənayesi məhsulları bütün sənaye sahələrində istifadə edildiyi üçün ildən ilə bu sənayenin inkişafı yüksəlir. Həm çuqunun, həm də poladın belə inkişaf tempi onunla əlaqədardır ki, bu sənaye məhsulları həm dövlətin özünün digər sənaye sahələrinin-maşınqayırma, cihazqayırma, tikinti məhsulları, yüngül və yeyinti sənayesi üçün avadanlıqlar istehsalı, nəqliyyat vasitələri və s. istehsalı üçün istifadə edilir, həm də dünya bazarında bu məhsullara böyük tələbat vardır (şəkil 1.2).



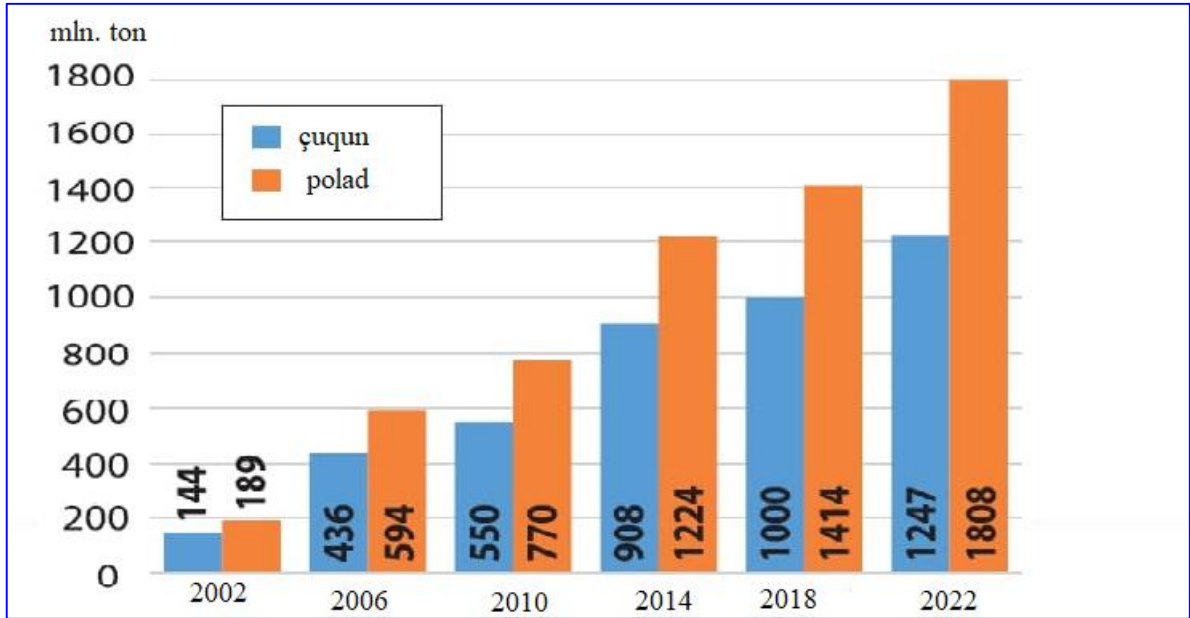
Şək.1.1. Dünya miqyasında çuqun və poladın istehsalının regionlar üzrə strukturu, %-lə

Bütün istehsal sahələrində olduğu kimi metallurgiyada da tullantılar yaranır. Bu tullantıların utilizasiyası aktual problem kimi istehsalçılar qarşısında dayanmışdır (Анашкин Н.,2018).

Hazırda sənaye tullantılarının istifadəsi və zərərsizləşdirilməsi həm mineral resurslara qənaət etmək, həm də ətraf mühitin qorunması baxımından ən vacib məsələlərdən biridir. Belə tullantılara təkçə istehsal tullantıları deyil, həm də istehlak tullantıları da aid ola bilər: məhsulların istehsalı zamanı yaranan və onların istehlak



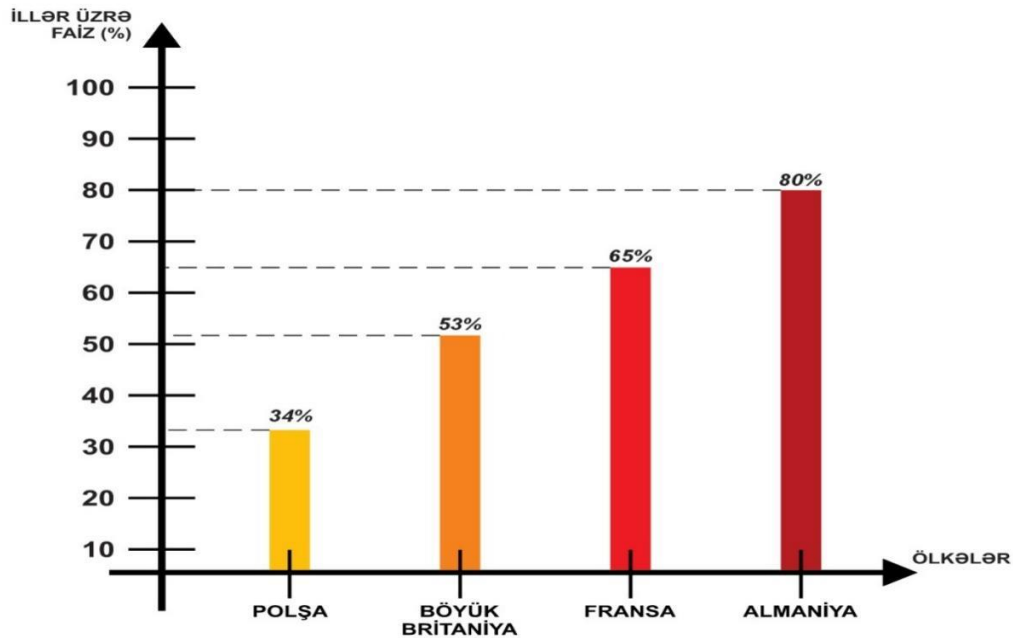
xassələrini itirmiş (tamamilə və ya qismən) xammal, material və ya yarımfabrikatların qalıqları; əlavə emaldan sonra hazır məhsul kimi istifadə oluna bilən xammalın fiziki-kimyəvi emal məhsulları (Буравчук Н.,2019), (Валуев Д.В. Гизатулин Р.,2020) . Sənaye tullantılarından istifadə son dərəcə vacibdir, çünki tullantılar xammal çıxaran və emal edən müəssisələrin tikintisi üçün zəruri



Şək.1.2. Çuqun və poladın istehsalının dünya üzrə dinamikası, illər üzrə

olan kapital investisiyalarına qənaət edir və ətraf mühiti çirklənməsinin qarşısını alır. İkinci dərəcəli xammalın, sənaye tullantılarının zərərsizləşdirilməsi üçün ən perspektivli sahələrdən biri onların tikinti materiallarının istehsalında kompleks istifadəsidir. Bu isə xammala olan tələbatın 40% ödənilməsini, onların təbii xammaldan istehsalı ilə müqayisədə tikinti materiallarının istehsalının xərclərini 10-30% azaltmağı və kapital qoyuluşlarının həcmi 30-50% azaltmağı mümkün edir (Крикунов, Б., 2021). Onu da qeyd etmək lazımdır ki, bir sıra sənaye tullantılarında qiymətli komponentlər vardır. Ona görə də onların istifadəsi keyfiyyətli xammal çatışmazlığını aradan qaldırmağa imkan yaradır. Bir sıra sənaye tullantılarının istifadəsi tikinti materiallarının istehsalında texnoloji yanacaq sərfini azaltmağa imkan verir. Keramik kərpiclərin və portland sementinin istehsalında belə tullantıların istifadəsi əhəmiyyətli iqtisadi effekt verə bilər. Çox təəssüf ki, metallurgiya sənayesi tullantılarının 15%-dən çoxu emal olunmur. Lakin inkişaf etmiş Avropa ölkələrində

onun istehlak səviyyəsi daha yüksəkdir: Almaniya – 80%, Fransa – 65%, Böyük Britaniya – 53% Polşa – 34% (şəkil 1.3). Qeyd etmək lazımdır ki, Rusiya Portland sementinin istehsalında metallurjiya posalarının (MP) istifadəsində aparıcı rol oynayır. Posalardan istifadə edildikdə sementin orta qiyməti azalır və 1 m<sup>3</sup> beton üçün sementin xüsusi istehlakı artsa da, istehsal olunan sementin həcmnin artması



Şək. 1.3. İnkişaf etmiş Avropa ölkələrində metallurjiya sənayesi tullantılarından istifadə səviyyəsi, illərə görə %-lə.

səbəbindən metallurjiya posalarının istifadəsindən əhəmiyyətli iqtisadi effekt əldə edilir (Munaev A.,2018). Tikinti materiallarının istehsalının inkişafı və təkmilləşdirilməsi, onların istehsalı üçün iqtisadi xərclərin indiki mərhələdə azaldılması əsasən xammalın səmərəli istifadəsini təmin edir. Metallurjiya sənayesində yaranan bütün tullantıları tərkib müxtəlifliyinə görə 3 sinfə bölmək olar:

- *A sinfi* – buraya təbii xassələrini itirməyən tullantılar aiddir;
- *B sinfi* – buraya dərin fiziki və kimyəvi emal prosesləri nəticəsində alınan tullantılar aid edilir;
- *C sinfi* - bu sinfə uzunmüddətli saxlanma nəticəsində əmələ gələn tullantılar aiddir.

*A sinfi.* Bu sinfin tullantıları ilkin süxurların kimyəvi və mineral tərkibini qoruyub saxlayır. Buna görə də onların istifadə sahəsi əsasən kimyəvi və mineraloji tərkibi nəzərə alınmaqla zərrəcik ölçüsünün paylanması ilə müəyyən edilir.

Filizzənginləşdirmə sahəsində mədən və emal zavodları hər il orta hesabla 70 milyon ton filiz emal edilərkən 45 milyon tondan çox tullantı əmələ gətirirlər.

*B sinfi.* Bu sinifə aid olan tullantılar ənənəvi istehsal sxemi ilə müqayisədə daha aşağı material xərcləri ilə yüksək keyfiyyətli məhsullar əldə etməyə imkan verir. Məsələn, apatit-nefelin-ilmenit süxurlarının kompleks işlənməsi gübrə, aluminium-oksidi, soda, kalium və sement əldə etmək imkanı yaradır, dənəvərləşdirilmiş soba posaları portlant sementinin istehsalında aktiv mineral əlavə kimi istifadə olunur (*Ровнушкин В., Спирун Е., Шеховцов В., 2020*).

*C sinfi.* Bu sinifə aid olan tullantılar uzun müddət saxlanma zamanı materiallarda fiziki və kimyəvi proseslərin getməsi nəticəsində əmələ gəlir. Tərkibi baxımından bu məhsullar son dərəcə qeyri-həmcinsdir və hər bir konkret halda xüsusi işləmə və emal texnologiyası tələb olunur.

İkinci dərəcəli xammal kimi sonrakı istifadələri ilə MP-nın işlənməsi və onlardan metal komponentlərinin çıxarılması problemi metallurgiyada ən təxirəsalınmaz problemlərdən biridir. Bu problemin bir neçə tərəfi var. İlk növbədə MP-dan alınan metal bir sıra texnoloji üsulla mədəndən çıxarılan filizdən alınan metaldan xeyli ucuz başa gəlir. İkincisi, metallar posadan çıxarıldıqdan sonra qalan hissəni faydalı şəkildə sıradan çıxarmaq olar. Tullantısız texnologiyanın əsasını hər hansı növ tullantıların müxtəlif texnoloji sxemlərlə və yeni texnoloji proseslərin işlənilib hazırlanması və həyata keçirilməsi təşkil edir. Habelə tullantıların ikinci dərəcəli xammal kimi geniş istifadə edilməsi də təşkil edir.

Xammalın hərtərəfli istifadəsi metallurgiya kimi material-intensiv sənaye sahələri üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Burada dəmir, polad və digər ferroərintilərin istehsalı zamanı qaçılmaz olaraq böyük miqdarda texnoloji tullantılar yaranır. Onların təxminən 80%-ni posalar təşkil edir. Posalar dəmir filiz xammalının zənginləşdirilməsi, həmçinin metalların əridilməsi və ərimə zamanı oksidləşmə məhsullarından əmələ gəlir. Tullantısız texnologiyanın yaradılmasında mühüm problem onun təşkilati prinsipləridir. Burada istiqamətlərin seçilməsi və bölmələrin strukturunun düzgün müəyyənləşdirilməsi çox vacibdir. Bu baxımdan bir sıra metallurgiya müəssisələri əlverişli təcrübəyə malikdirlər. Elmi və texniki inkişafın

geniş əhatə dairəsi, onların nəzəri təhlili, habelə posanın işlənməsi üzrə qabaqcıl müəssisələrin təcrübəsinin ümumiləşdirilməsi metallurjiyada təkmilləşdirilmiş tullantısız texnologiyanın yaradılması probleminə mühüm rol oynayacaqdır.

Nəhayət, posa tullantılarının faydalı emalı ilə tullantıların çirkləndirdiyi əraziləri azad etməyə, yaxud heç olmasa onu qeyri-müəyyən hədlərə qədər genişləndirməməyə imkan yaradar, yəni posa poliqonlarının zonasında və onun ətrafında ekoloji vəziyyəti də yaxşılaşdırar.

## **1.2. Qara metallurjiyada posalarının yaranma texnologiyası və xarakteristikası**

Qara metallurjiya posalarının (QMP) tərkibini CaO, SiO<sub>2</sub>, MgO və FeO oksidləri təşkil edir. Posada SiO<sub>2</sub>-nin miqdarının çoxluğu onların turşuluq xassəsini, CaO-in artıqlığı isə əsaslıq xassəsini təmin edir. Dəmir oksidlərinin, xüsusilə də, FeO-nun miqdarına görə posalar oksidləşdirici və reduksiyaedici xassəli olur. FeO-nun əhəmiyyətli miqdarı posanı oksidləşdirici xassəli edir. Metallurji posalar mürəkkəb sistemlərdir ki, onların tərkibində həmçinin Mn, Ba, Cr, P oksidləri də var. FeO-dan başqa posalarda dəmirin Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> və Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oksidləri də olur. Posalarda, həmçinin kükürd Ca, Mn və Fe metallarının sulfidləri və ya sulfatları da olur. Bəzi hallarda posalarda Ti, B, V və bir sıra digər birləşmələrin oksidlərinə də rast gəlinir (*Федьинин Н., 2021*).

Posanın tərkibində olan oksidlər üç qrupa bölünür. Posanın tərkibində olan silikatlar, fosfatlar və sulfatlar əmələ gətirən oksidlər -SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, -SO<sub>3</sub>, -SO<sub>4</sub> turşu oksidlərinə aid edilir. Turşu oksidləri ilə müvafiq duzları əmələ gətirən əsasi oksidlər -CaO, MgO, FeO aiddir. Posanın tərkibində olan amfoter Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oksidlər digər komponentlərin miqdarından asılı olaraq özlərini həm turşu, həm də əsas kimi aparırlar. Posalarda ən mühüm turşu oksidi SiO<sub>2</sub>-dir. Posaların xassələrini xarakterizə etmək üçün CaO/SiO<sub>2</sub> nisbətində geniş istifadə olunur. Lakin posalarda Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> və MgO-nun əhəmiyyətli miqdarına görə, (CaO+MgO)/SiO<sub>2</sub> ; (CaO+MgO)/(SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) və başqa nisbətlərindən də istifadə olunur.

Çoxkomponentli sistemin xassələrinin öyrənilməsi böyük çətinliklər yaradır, buna görə də belə sistem ənənəvi olaraq üç və ya dördkomponentli sistemə endirilir.

QMP əridilən metalın növünə görə domna, konverter, marten, elektricləritmə posalarına bölünür. Əridilmə materiallarına görə posalar iki qrupa bölünür: ilkin metallurgiya proseslərinin posaları – domna və ferroərintilər, ikinci növ əridilməyə vaqranka və təkrarəritmə proseslərində yaranan posalar aid edilir.

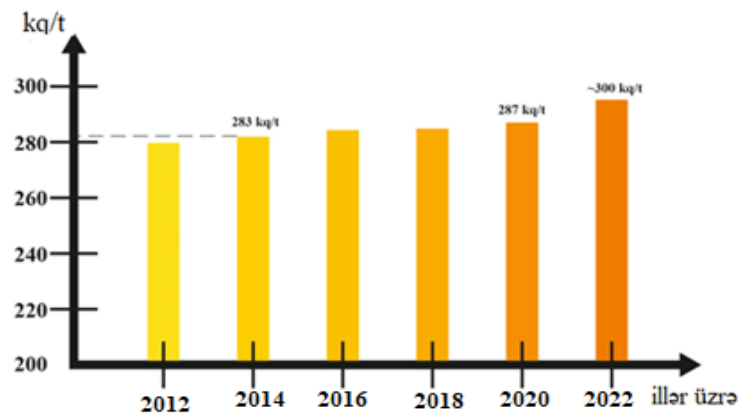
*Domna posaları.* Domna posasının (DP) miqdarı dəmir filizlərinin tərkibi və xassələri, filiz süxurunun kimyəvi və mineraloji tərkibindən, koks külündən, şixtədəki kükürdün tərkibindən, reduksiya prosesinin xarakterindən və sobanın termiki rejimindən, eləcə də əridilmiş çuqunun markasından asılıdır. Orta hesabla, domna sobalarında 1t çuqun əridilində 440 kq posa alınır. Əksər domna sobaları əsasi xassəyə malik olur. Onların təkibi təxminən belədir, %-lə: müvafiq olaraq MgO və Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3–20 və 5–15 ; S-0,5–3; FeO 1-1 və MnO 0,2-3. Maye posalarında müəyyən miqdarda həll olmuş qazlar da olur. Domna sobasından çıxan posanın temperaturu 1450-1500<sup>0</sup>S-də olur (*Щукина Е., Бенгле Р., Архинчеева Н., 2021*).

Sobanın yüksək qızdırılması zamanı Si-un çuqunun tərkibinə böyük miqdarda keçməsi və reduksiya olunması ilə posanın əsaslılığı artır. Soba soyuduqca Si-un reduksiya dərəcəsinin azalması ilə posanın əsaslılığı azalır. FeO-nun miqdarı yüksək qızdırılma zamanı kəskin azalır, dəmir demək olar ki, tamamilə reduksiya olunur və çuquna çevrilir. Turşu xassəli və aşağı temperaturlu DP-da nisbətən yüksək miqdarda FeO olur. Qırılan zaman posa tikələrinin kənarları parlaq, şüşəvari, qara rəngə keçən boz rəngdə olur.

Koks külü də posanın tərkibinə və miqdarına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Koks külünün miqdarı daş kömürün çıxarılma mənbəyindən çox asılıdır. Adətən şimal ərazilərdən çıxarılan koksun tərkibində kül (11,2–12,1%) cənub ərazilərə (9,5%) nisbətən daha çox olur. Ona görə də koks külü posanın tərkibinə və miqdarına daha çox təsir edir. Posaların tərkib və miqdarına, həmçinin posaların tərkibində olan kükürdün miqdarı da təsir edir.

*Poladəritmə posaları.* Polad istehsalı proseslərində əmələ gələn posa çuqun və metallurgiya qırıntılarında olan qarışıqların oksigenlə qarşılıqlı təsiri nəticəsində

əmələ gəlmiş oksidlərin əriməsindən yaranır. Həmçinin, poladın keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün sobaya daxil olunan maddələr də posa əmələ gətirirlər. Əmələ gələn poladəritmə posalar (PP) ölkədə istehsal olunan poladın həcmindən asılı olaraq alınır (şəkil 1.4). PP ərintiyə təmizləmə effekti verərək poladı fosfor və kükürd kimi zərərli qarışıqlardan təmizləyir. Posalar eyni zamanda metalı qaz fazası ilə oksidləşmədən də qoruyur. Elektrometallurji proseslərdə posa əlavə olaraq bərkimə



Şək.1.4. İllər üzrə polad istehsalında yaranan posaların miqdarı, kq/t

müqavimətini də artırır. Ərimə aqrekatında fasiləsiz hərəkətdə olan yüksək temperaturlu ərinti aqrekatı mexaniki aşınmaya məruz qoyur. Eləcə də sobanın üzlük komponentlərinin kimyəvi dissosiasiyası nəticəsində üzlüyü də aşındırır. Məlum faktdır ki, hər bir sistem adekvat vəziyyətə çatmağa çalışır. Nəticədə metal üçün lazım olan bir sıra qiymətli elementlər metaldan posaya keçir ki, bu da oksidləşdirici ərinti əlavələrinin istehlakının artmasına səbəb olur. Bundan başqa, müəyyən miqdarda metal da posaya daxil olur ki, bu da həm istehsal olunan metalın ümumi məhsuldarlığını azaldır, həm də digər sənaye və kənd təsərrüfatında istifadə olunacaq posanın istifadəsini əhəmiyyətli dərəcədə mürəkkəbləşdirir.

PP-dan gələcəkdə istifadə üçün onların fiziki-kimyəvi xassələrinə müəyyən tələblər qoyulur. Ümumiyyətlə, poladəritmə posaları maye şəkildə, yüksək təmizləmə qabiliyyətinə və aşağı özlülüyə malik olmaqla sobanın divarlarına mümkün qədər minimal dərəcədə aqressiv təsir etməlidir.

Poladəritmədə əsasən əsasi xassəli posalar alındığına görə yalnız bu posaların istifadəsindən danışıcağıq (Демин Б., Смирнов Л., Сорокин Ю., 2023). Hal-hazırda

PP istehsalın növlərinə (marten sobası, konverter və elektrik-poladəritmə sobaları ), eləcə də əritmə dövrlərinə (ilkin və son) görə təsnif edilir. Poladəritmə sahəsində son zamanlar, xüsusilə də bizim respublikamızda əsasən elektrik-induksiya sobalarından istifadə olunur. Bu sobada əridilmə zamanı ilkin və son posalar alınır. İnduksiya soba posasının xüsusi çıxımı orta hesabla 180 kq/t olur. Elektrik sobalarında posalar marten və konverter posalarına nisbətən çox az alınır (*Федынин Н., 2021*). Marten sobaları kimi onlar da birinci və sonunculara bölünürlər, onların xüsusi məhsuldarlığı müvafiq olaraq orta hesabla 6 və 8% təşkil edir. Elektrik sobalarının posası və marten posası kimyəvi tərkibinə görə oxşardır. Bu posalarda kalium-oksit daha yüksək miqdarda olur. Lakin dəmir-oksidləri aşağı konsentrasiyası ilə fərqlənir.

## 1.2. Əlvan metallurgiyada posaların yaranma texnologiyası və xarakteristikası

*Alüminium emalın yaranan posalar.* Təkrar emala cəlb edilən alüminium tullantıları əsasən sənaye tullantıları (~ 75%) və amortizasiya qırıntılarından (~25%) ibarət olur. Tullantıların tərkibi təxminən belə olur, %-lə: yonqar (~35), parça tullantıları (~32) və posalar (~8). Dəmir əlavələri olan qırıntılar təxminən 9 % təşkil edir. Əsasən (~92%) alüminium qırıntısı və tullantıları zavodlarda ərintilərin istehsalı üçün istifadə olunur. Tullantıların yalnız təxminən 8%-i prokat alüminium istehsal edən müəssisələr tərəfindən istehlak olunur. Alüminium xammalının müxtəlifliyi səbəbindən onun emalı üçün müxtəlif növ sobalardan istifadə olunur (*Иванов А., Евтушенко Е., 2019*). Əridilməyə uğradılan qarışıqdan alınan metalın çıxımı (MÇ) aşağıdakı formulla hesablanır:

$$M\text{Ç} = \frac{M_{\text{ər.}} - M_{\text{ax}} \frac{a}{100} - M_{\text{posa}} \frac{b}{100}}{M_{\text{yon}} \left(1 - \frac{c}{100}\right)} \cdot 100, \%$$

burada,  $M_{\text{ər.}}$ -alınmış ərintinin kütləsi, kq;  $M_{\text{ax.}}$ -şixtədən axan posanın kütləsi, kq;  $a$ -əriyib axan posadan alınan alüminiumun kütləsi, %;  $M_{\text{posa}}$ -şixtədə olan posanın kütləsi, kq;  $b$ -posadan alınan alüminiumun kütləsi, kq;  $M_{\text{yon.}}$ -şixtədə olan alüminium

yonqarların kütləsi, kq; c-yonqarların çirklənmə dərəcəsi, %. Yonqarlarda çirklənmə dərəcəsi artdıqca, əridilmə prosesinə sərf edilən sərmayə də artır. İstehsalın maya dəyərini aşağı salmaq üçün şixtəyə alüminium-oksidləşdirici qarışıq (AOQ) əlavə olunur. Bu qarışıq tərkibcə təxminən belə olur, %-lə: Al-20-24, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-50-65, C-1,5-7, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-4-6, (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)-6%, CaO-4-6, MgO-4-6. Əridilmənin sonunda alınan posanın tərkibi isə belə olur, %-lə: 58,0–62,0- CaO; 8,0–10,0-SiO<sub>2</sub>; 6,0-8,0-MgO; 20,0–25,0-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; < 0,5-FeO; 0,13–0,15-MnO.

Təkrar alüminium tullantıları əsasən əksedici sobalarda əridilir. Bu məqsədlə əsasən geniş yayılmış iki kameralı əksetdirici sobalar istifadə edilir. Bu sobalarda ərimə qurğusunu və kimyəvi tərkibi tənzimləmək, tökmə dövründə metalın saxlanması, qarışdırıcının funksiyalarını birləşdirmək mümkündür. Bu sobalar universaldır, bütün növ alüminium qırıntılarını və tullantılarını əritmək üçün istifadə olunur.

***İkinci dərəcəli mistərkibli tullantıların təkrar emalı.*** İkinci dərəcəli mis tullantılarının təxminən 45%-i müxtəlif dərəcəli tökmə bürünc və tunc məmulatlarının əridilməsində istifadə olunur. Bu tullantıların təxminən 17%-i əlvan metal emalı zavodlarında işlənmiş ərintilərin istehsalı, təxminən 5%-i isə kimyəvi birləşmələrin istehsalı üçün istifadə olunur. Keyfiyyəti aşağı olduğundan ikinci dərəcəli mistərkibli xammalın 33%-ə qədəri misəritmə zavodlarında şaxtalı və konverter sobalarında qara mis və bürüncə çevrilir.

***Bürünc və tuncun təkrar emalı .*** Bürünc və tuncların əridilməsində qalay, sink, qurğuşun, alüminium, silisium, manqan və dəmir şixtə komponentləri kimi istifadə olunur. Köməkçi material kimi flüx də tətbiq olunur. Qırıntıların və tullantıların tökmə tunc halına salınması birkameralı əksetdirici sobalarda həyata keçirilir. Bürünc tərkibli tullantılar isə əsasən kanallı elektrik-induksiya sobalarında əridilir.

Aşağıkeyfiyyətli mistərkibli tullantıların əridilməsində şaxtalı sobalardan istifadə olunur. Sobanın məhsuldarlığı sutkada 80-100 t/m<sup>2</sup>, əritmə məhsullarının məhsuldarlığı şixtənin kütləsinə nəzərən belə olur, %-lə: qara mis-30-33; posa-55; iridənəli toz 3-4; incə dispersli toz-5-10. Əridilmədən alınan qara misin kimyəvi tərkibi isə belə olur, %-lə: Cu-80-87; Zn-2-6; Sn-0,7-0,8; Pb-1-2; Ni-0,5-3. Alınan posanın tərkibi, %-lə: Cu-0,7-0,9; Zn-6-10; Sn-0,1-0,2; Pb-0,2-0,5; SiO<sub>2</sub>-22-26; CaO-



8-12; FeO-40-48; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-5-13. Əridilmədə şixtənin kütləsinin 10-12%-i qədər koks, flüs kimi əhəng, kvars, dəmirdən istifadə edilir. Dəmir silikatları reduksiya edərək posanın tərkibində dəmirin miqdarını artırır.

Qara misin alovla təmizlənməsi zamanı tərkibində əhəmiyyətli dərəcədə qalay olan posa əmələ gəlir. Bu posalar reduksiyaedici şaxtalı əridilməyə uğradılır. İkipilləli şaxtalı sobalarda əridilmə ilə ilkin əridilmədə qalay və mis qara bürünc şəklində alınır. Yaranan posalar ikinci əridilməyə uğradılır və ərintiyə mis kollektor-qara mis istehsalından alınan posa və tunc lom əlavə edilir. Bu üsulla qara bürünc şəklində 98-99%-li mis və 85%-li qalay ayrılır (*Кабанов Ю., Столярский Е., Агапеев Н., 2019*).

**Qurğuşuntərkibli tullantıların emalı.** İkinci dərəcəli qurğuşun tərkibli xammal qurğuşun akkumulyatorları (təxminən 70%), elektrik, metallurjiya və kimya sənayesi istismar xassələrini bitirmiş qurğuları və qurğuların detalları (təxminən 15%) və digər tullantılardan (təxminən 15%) ibarətdir. Emala hazırlanmış qurğuşuntərkibli xammallar əsasən ixtisaslaşdırılmış zavodlarda stibium-qurğuşun qarışıqına çevrilir, xammalın təqribən 30%-i ilkin qurğuşun zavodlarına verilir və təxminən 10%-i babbıt və digər ərintilərin istehsalında əlavə qarışdırılma üçün istifadə olunur. İxtisaslaşmış zavodlarda stibium-qurğuşunu istehsal etmək üçün akkumulyator qırıntılarından (70-75% qurğuşun və 4%-ə qədər stibium), akkumulyator lili (50-80% qurğuşun, 1,5-3% stibium), qurğuşun çöküntüsü (20-95% qurğuşun, 0,3-3,5% stibium, 0,6-1,5% mis, 0,2-2% sink, 0,1-1% qalay), qurğuşun pastasından (30-70% qurğuşun) istifadə edilir. Əridilmə şaxtalı sobalarda həyata keçirilir. Əridilmə üçün hər tona 70-80 kq hesabla koks sərf edilir. Alınan posanın tərkibi belə olur, %-lə: Pb-0,5-1,6, FeO-22-27, SiO<sub>2</sub>-30-35, CaO-14-17, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-10-12. Alınan posa dənəvərləşdirilir və 20%-i aqlomerasiyaya göndərilir (*Минаев А., 2018*).

**Nikeltərkibli tullantıların emalı.** Nikeltərkibli tullantıların əsas növləri dəmir-nikel, kadmium-nikel akkumulyatorları, elektrokimyəvi istehsalat tullantıları, işlənmiş katalizatorlar, nikeləsaslı legirlənmiş polad tullantıları, təmiz nikelin qırıntıları və parça tullantılarıdır. Kadmium-nikel akkumulyator tullantıları emal üçün xüsusi zavodlara göndərilir, burada ilkin yandırılmadan sonra əl ilə kəsilmə həyata keçirilir. Nikel plitələr emal üçün nikel zavodlarına göndərilir və kadmium lövhələri

isə sulfat turşusunda yuyulur. Məhlul kadmium-sink tozu ilə sementlənilir. Alınan kadmium süngəri ümumi kadmium istehsalında ikinci dərəcəli kadmium süngərinə əlavə edilir.

Nikeltərkibli tullantılar şaxtalı sobalarda əridilir. Əridilmədən alınan posaların tərkibi belə olur, %-lə: 42–46-SiO<sub>2</sub>; 14–15-CaO; 10–12-MgO; 6–7-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 14–19-Fe; 0,13–0,32-Ni; 0,7–1,0-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,014-0,031-Co; 0,23–0,30-S. Elektrik-induksiya sobalarında əridilmə zamanı alınan posaların tərkibi belə olur, %-lə: 40,2–56,0-SiO<sub>2</sub>; 10–24-FeO; 2,9–20,7-CaO; 2,9–21,3-MgO; 5,1–16,1-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 1,1–1,6-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,1–0,69-MnO.

***Sinktərkibli tullantıların emalı.*** Dəmirin mexaniki qarışıqları ilə çirklənməmiş sink tullantılar və parça sink tullantıları sink emalı üçün xammalın ümumi həcmnin təxminən 70%-ni təşkil edir. Digər sink tərkibli tullantılar (toz, izqara, posa, kimya sənayesi tullantıları) təxminən 30%-i təşkil edir. Alınan sinktərkibli tullantılar əsasən kimya sənayesində emal olunur. Tullantıların təxminən 20%-i ilkin emal müəssisəsində, 10%-i isə ikinci dərəcəli əlvan metal zavodlarında emal olunur.

Kimya sənayesində sink ağ və litopon istehsalı üçün qartsink (85–92% sink, təxminən 3% qurğuşun), boz sink-oksidi (təxminən 90% sink və 4–5% karbon), şöküntü (38–80% sink, 0,1–2% qurğuşun, 0,1–7,5% mis, təqribən 1,5% qalay) və qismən ammoniyaklı şöküntülər (28%-ə qədər xlorid və 38% -ə qədər sink-oksixlorid) istifadə olunur. Əlvan metallurjiyada polimetallik konsentratların pirometallurji emalı zamanı posa və qaz tullantıları şəklində toz əmələ gəlir. Tozun tərkibi 75% sink, 1–10% qurğuşun, 1,5–10% mis, 0,1–3% qalay və digər nadir metallardan ibarət olur. Posaların tərkibində isə 3–7% sink, 0,5–2% xlor və 0,2–1% flüor olur. Halogenlərin olması həm keyfiyyəti aşağı salır, həm də posaların emalını çətinləşdirir (*Иванов А., Евтушенко Е., 2019*).

Qara metallurjiyadan fərqli olaraq əlvan metallurjiya posalarının belə müxtəlifliyi onlardan spesifik məqsədlərlə istifadə olunmasını tələb edir. Bu posalardan yeni xassəli kompozit, keramika və nanomaterialların hazırlanmasında istifadə edilir (*Минаев А., 2018*).

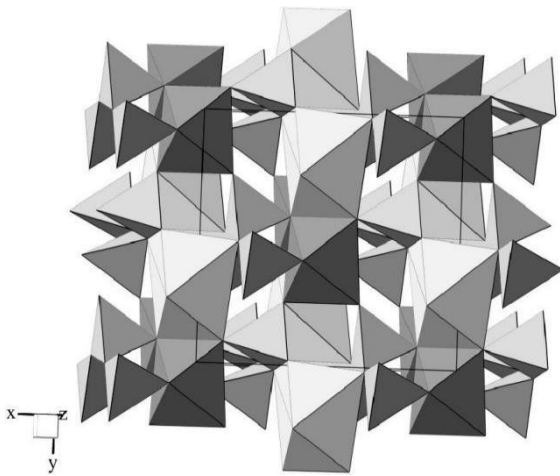
## II FƏSİL. METALLURJİ POSALARIN TƏRKİBİNİN ONLARIN XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

### 2.1. Posanın kristal komponentinin tərkibinin öyrənilməsi

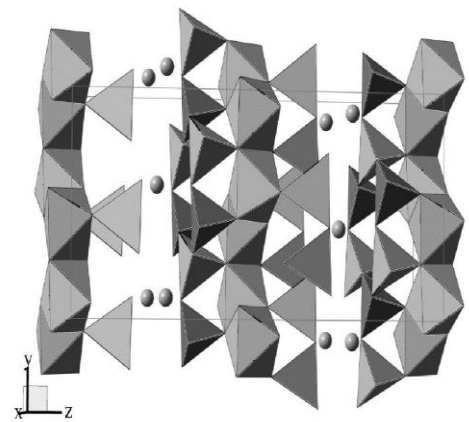
Posanın kristal komponentinin tərkibinin öyrənilməsi üçün rentgenfaza analizi (RFA) üsulundan istifadə edilmişdir. Nümunə kimi posanın kristal hissəsi götürülmüşdür. Qrafit monoxromatoru ilə şüalanmada Siemens D500 toz difraktometrindən istifadə etməklə tədqiqat aparılmışdır. Hər bir nümunə təxminən 0,5 sm<sup>3</sup> həcmində götürülmüşdür. Nümunə yaxşı üyüdüldükdən sonra həvəngdəstədə 20 dəqiqə ərzində əzilmiş, bundan sonra əldə edilən toz difraksiya nümunələrini qeyd etmək üçün həcmi 2x1x0,1 sm<sup>3</sup> olan şüşə küvetə yerləşdirilmişdir. Profilin instrumental funksiyasını nəzərə almaq üçün eyni şəraitdə alınan lantan-heksaboridin rentgen şüaları difraksiya nümunəsi istifadə edilmişdir ki, bu da təmizlənən fazaların mikrostruktur xüsusiyyətlərini hesablamaq üçün lazımdır. Fazaların ilkin axtarışı PDF-1(101 qray) faylından istifadə edilməklə aparılıb, bundan sonra FullProf proqramı vasitəsilə Rietveld metodu ilə rentgen şüalarının difraksiya nümunələrinin tərkibi cədvələ əsasən hesablanmışdır (*Айменов Ж, Сарсенбаев Б., 2021*).

*Ferroərinti istehsalından alınan posa nümunələrinin rentgen faza analizinin nəticələri.* Alınan nəticələr göstərmişdir ki, nümunədə olan silikatlar və ya alüminosilikatlar klinopiroksenlər adlanan geniş minerallar sinfinin nümayəndələrinə uyğundur. Kartoteka axtarışı göstərdi ki, hər iki rentgen difraksiya nümunəsi bir neçə standartlara uyğun gəlir – 38-466 Ca(Mg,Fe,Al)(Si,Al)<sub>2</sub>O<sub>6</sub> (Diopside aluminian), 11-654 CaMg(SiO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Diopside), 41-1370 CaMgSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub> (kalsiumla zəngin diopsid) və s. Diopsidin quruluşu şəkil 2.1-də göstərilmişdir. Silikat tetraedr üçlüyə birləşir, burada bir tetraedrin yan tili iki bitişik tetraedrin təpələri ilə birləşdirilir. Üçlü tetraedrlər maqnezium oktaedrdən ibarət təbəqələr arasındakı boşluqlarda yerləşir. Diopsidin laylı strukturu onun sorbsiya xüsusiyyətlərini nümayiş etdirməsinə şərait yarada bilər. Rentgen faza analizi göstərdi ki, quru və 1 ay suda isladılmış posa nümunələri bir-birinə bənzəyir və tərkibində CaMgSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub> və ya CaO·MgO·2SiO<sub>2</sub> diopsidi olan bir və

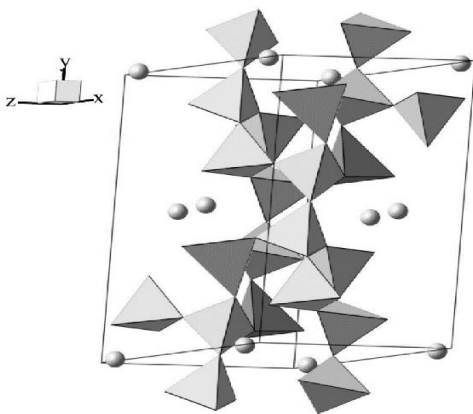
ya bir neçə faza var (MuxeeHKOB M. 2022) . Rietveld metodu ilə hesablamalar cüzi miqdarda kvars  $\text{SiO}_2$ , marqarit  $\text{Ca}_{0.88}\text{Na}_{0.12}\text{Al}_2(\text{Si}_{2.12}\text{Al}_{1.88}\text{O}_{10})(\text{OH})$  (şəkil 2.2), albit  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  (şəkil 2.3), illit  $\text{K}(\text{Al}_4\text{Si}_2\text{O}_9(\text{OH})_3)$  (şəkil 2.4) aşkar edilmişdir. Diopsid fazasının kütləsi 92,4%, kvars - 3,1%, marqarit - 1,8%, illit - 0,9%, albit - 1,9% təşkil etmişdir. Hər iki difraksiya nümunəsində fonun açıq dalğalı təbiəti nümunələrdə amorf fazanın olduğunu göstərir. Yaş nümunənin mikroskopik təhlili bir neçə növ hissəciklərin mövcudluğunu aşkar etmişdir: təxminən tünd yaşıl (torpaq kütləsi) və qırmızı rəngə malik izometrik kristallar, həmçinin rəngsiz damcı formalı hissəciklər.



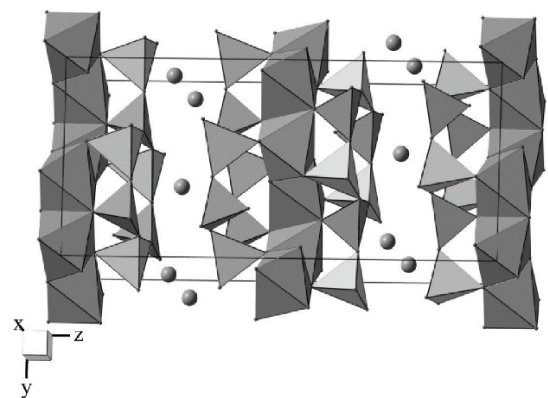
Şək. 2.1. Diopsidin strukturu



Şək. 2.2. Marqaritin strukturu



Şək. 2.3. Albitin strukturu



Şək. 2.4. İllitin strukturu

Elementar tərkibin rentgen mikroanalizi ilə təhlilindən aydın olmuşdur ki, nümunələrdə silisium, alüminium, maqnezium, dəmir, kalium, natrium, manqan və az miqdar bəzi başqa elementlər də vardır. Əzilməmiş və əzilmiş nümunələrin

tərkibindəki fərqlər minimaldır. Bununla əlaqədar olaraq, onu saflaşdırmaq üçün istifadə edilən diopsidin struktur modelində qeyri-oksigen elementləri qruplara birləşdirilir və onların hər birində elementlər elementar analizin nəticələrinə uyğun olaraq əmsallarla dəqiqləşdirilir. Belə ki, tetraedrdə silisiumdan başqa alüminium, oktaedral mövqelərdə maqnezium, titan, dəmir və manqan, səkkizlik-təpə mövqelərində isə kalsium, natrium və kalium mövcuddur. Posanın mineraloji tərkibinin müəyyən edilməsi, onun turşuluq ( $M_t$ ) və əsaslıq ( $M_a$ ) modullarından istifadə etməklə turşu-qələvi xassələrinə görə təsnif etməyə imkan verir. Bu da müvafiq olaraq turş və əsasi oksidlərin cəminin nisbəti ilə təyin edilir:

$$M_t = \frac{\text{SiO}_2 + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{FeO} + \text{MnO}}; \quad M_a = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{FeO} + \text{MnO}}{\text{SiO}_2 + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{TiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3}; \quad (1)$$

Posanın əsas mineralı  $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$  tərkibli diopsiddir ki, bu da posanın kimyəvi tərkibini və onun turşu-qələvi xüsusiyyətlərini hesablamağa imkan verir (Горшкова В., 2018). Hesablamanın nəticələri cədvəl 2.1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 2.1.

Ferronikel ərintilərinin əsas mineralın kimyəvi formuluna görə yaranan posalarının oksid tərkibi, turşuluq və əsaslıq modulları.

Oksidlərin kütlə payı, %-lə			$M_t$	$M_a$
CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>		
26	18	56	1,27	0,79

Turşuluq indeksinin göstəricilərinə görə ədədi qiymət 1,0-1,5 uyğun olarsa, posa orta qrupa, 0,5-1,0 qiymətinə görə isə əsaslıq xassəsinə və SiO<sub>2</sub> -in miqdarına (45-60%) görə isə posa turşu posalara aid edilir. Posanın oksid tərkibi onun turşu-qələvi xassələrini daha dəqiq hesablamağa imkan verir (cədvəl 2.2). Turşu xassəli posalarda amfoter oksid Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> özünü əsas kimi göstərir ki, bu da hesablamalarda nəzərə alınır.

Cədvəl 2.2.

Ferronikel ərintilərinin istehsalında yaranan posalarının oksid tərkibi, turşuluq və əsaslıq modulları

Oksidlərin kütlə payı, %									M <sub>k</sub>	M <sub>0</sub>
CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	digər	1,38	0,72
12,5	9,0	50,0	14,0	7,0	1,5	0,9	0,4	4,7		

Turş posalarda kristal fazalar yaxşı kristallaşır, lakin amorf faza həcmi 50% -ni təşkil edə bilər, bu da ərintinin ilkin turşuluğu ilə bağlıdır. Turşuluğun artması ilə özlülük kəskin şəkildə artır və silikat ərintilərin kristallaşma qabiliyyəti azalır. Özlü ərintilər adətən tez bərkiyir və şüşə əmələ gətirir.

## 2.2. Posanın kimyəvi tərkibinin təhlili

Əridilmə üsulu və əridilən metalından asılı olaraq posaların kimyəvi tərkibləri fərqlənir. Posaların tətbiqi sahələrini müəyyən etmək üçün onların kimyəvi tərkibi mütləq dəqiqləşdirilməlidir (*Горшков В., Тумаишев В., 2021*). Bu məqsədlə müxtəlif posaların kimyəvi tərkibi elektron-zond mikroanalizi üsulu (EZMÜ) ilə tədqiq edilmişdir.

*Elektron-zond mikroanalizinin nəticələri.* Müxtəlif posaların kimyəvi tərkibi EZMÜ ilə JSM-6390 LV skanedən elektron mikroskopunda müəyyən edilmişdir. ZAF korreksiya hesablaması üsulundan istifadə olunmuşdur. Cədvəl 2.3 və 2.4 -də elektron-zond mikroanalizinin nəticələri verilmişdir.

Cədvəl 2.3.

### Posa nümunələrinin element tərkibi

Kimyəvi element	Elementin kütlə payı, %			
	Feronikel posaları		Ferroərinti posaları	
	>20 mm	<2,5 mm	FeSiMn	FeMn C və O müəyyən etmədən
O	63,94	52,60	49,98	–
Na	0,57	0,00	0,66	–
Mg	3,50	3,15	4,10	–
Al	4,44	8,95	3,38	–
Si	17,28	18,01	18,72	0,43
S	0,07	0,10	0,31	0,27
Cl	0,06	–	–	–
K	0,18	0,24	1,54	–
Ca	6,38	8,76	10,10	–
Ti	0,11	0,15	0,21	–

Cr	0,23	0,65	-	-
Mn	0,19	0,40	9,10	82,72
Fe	3,05	7,00	-	15,90
F	-	-	1,89	-
P	-	-	-	0,68
Sr	-	-	-	0,37

Cədvəl 2.4

## Dənəvərləşdirilmiş domna posalarının element tərkibinin analizinin nəticələri

Element	Dənəvərləşdirilmiş domna posasında elementin kütlə payı(%), mm				
	dənəvərləşdirilmiş				tökmə
	<0,63	1,25-2,5	>10, rəng		orta nümunə
			ağ	boz	
Si	12,053	15,596	5,964	12,165	7,37
Ca	14,683	15,535	57,770	43,834	35,42
Al	2,051	2,289	0,731	2,385	1,01
Fe	-	-	-	-	15,38
S	0,415	0,526	0,607	0,774	0,80
Mg	2,037	3,016	1,939	3,272	1,83
K	1,632	1,573	0,251	0,650	0,28
Na	7,764	6,116	-	-	-
Cl	20,779	13,950	-	-	-
Mn	5,795	5,439	-	-	5,34
Ti	-	-	-	-	0,19
O	32,790	35,959	32,742	36,924	33,10

Tökmə posa ilə müqayisədə dənəvərləşdirilmiş posa 40-95% tez bərkiyərək şüşəvari formaya keçə bilər. Müxtəlif rəngli posalarda, xüsusilə də ölçüləri >10mm olan dənəvərləşdirilmiş posalarda elementlərin nisbəti belə olmuşdur (Шукина Е., Бенгле Р., Архинчеева Н., 2021):

*elementlərin nisbəti*

*rəngindən asılı olaraq nisbətin qiyməti*

	<i>ağ</i>	<i>boz</i>
O/Si	5,49	3,04
O/(Si+Al)	4,89	2,54
O/(Si+Al+P+Mg+Fe+Mn)	3,79	2,07

RFA və EZMÜ ilə təhlilin nəticələrinə əsasən oksidlərin kütlə payı və əsaslı modulu ( $M_0$ ) təyin edilmişdir (cədvəl 2.5).

Cədvəl 2.5.

Rentgenofaza analiz və elektron-zond mikroanaliz üsulları ilə posaların oksid tərkibin tədqiqi

Oksid	Analizin nəticələrinə görə oksidlərin kütlə payı, %-lə	
	rentgenofaza	elektron-zond mikroanaliz
SiO <sub>2</sub>	24,43	15,76
CaO	47,6	49,56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,46	1,91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,41	21,98
SO <sub>3</sub>	-	0,20
MgO	1,47	3,04
K <sub>2</sub> O	-	0,34
MnO	-	6,90
TiO <sub>2</sub>	-	0,32
$M_0$	1,02	1,33

*Posaların xüsusi səthinin havaudma qabiliyyətindən istifadə edərək təyini.* Müəyyən məqsədlər üçün istifadə ediləcək posaların xüsusi səthinin sahəsi də təyin olunmalıdır (Турчанов В., 2019). Bunun üçün posaların havaudma qabiliyyətindən istifadə edilir. Təcrübi verilənlərdən istifadə edərək posaların səthinin xüsusi sahəsi aşağıdakı formulla hesablanır (Рыщенко М., Белостоцкая Л., 2019) :

$$S = K \cdot \frac{M_0 \sqrt{T}}{P}, \text{ см}^2 / \text{г} \quad (2)$$

burada, K-cihazın sabiti,  $K=11,5778$ ;  $M_0$ -temperatur və nümunənin hündürlüyündən asılı olan sabit,  $\text{см}^2 \cdot \text{сан}^{-1/2}$ ; T- zaman, san; P-nümunənin kütləsi, q.

### 2.3. Posaların faza tərkibi

**Domna posaları.** Domna posalarında üstünlük təşkil edən kristal fazalar (KF) əsasən okermanit  $2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$  və qalenitin  $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  bərk məhlullarından ibarət olan melilitdən təşkil olunub. Domna posasının tərkibində , həmçinin dikalsium-silikat  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  da vardır. Turş xassəli posaların tərkibində



melilitdən başqa vollastonit  $\beta\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  və anortit  $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$  də olur. Bununla belə, domna posalarında  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  və ya  $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$  kimi mineraloji birləşmələrin olması da mümkündür. Turş xassəli posalarda CaO böyük miqdarda  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  və  $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$  kimi minerallarda rast gəlinir. Alüminatlara nadir halda rast gəlinir. Məsələn, əsasən aşağı silikat moduluna malik yüksək əsasi posalarda kalsium-alüminat formasında rast gəlinir. Yüksək miqdarda MgO və  $\text{Al}_2\text{O}_3$  malik posalarda şpinel  $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  də rast gəlinir. Domna posaları, xüsusən də əsasi xassəli domna posalarının tərkibində CaS, MnS, FeS və az miqdarda MgS şəklində sulfidlər də olur. Domna posalarının mineraloji tərkibi onun əsaslılığından asılı olaraq çox dəyişir (Глуховского В., 2021).

Müxtəlif yataqların filizlərindən çuqunun əridilməsi zamanı alınan posalarda mineraloji tərkibində əhəmiyyətli dərəcədə dəyişikliklər müşahidə olunur. Posanın xüsusiyyətlərindən asılı olaraq onların mineral tərkibləri cədvəldə verilmişdir (cədvəl 2.6)

Cədvəl 2.6

## Domna posalarının mineral tərkibi

Posanın xassəsi	Mineral faza	Formul
Yüksək miqdarda alüminium-oksidi olan	Melilit	$m\ 2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ $n\ 2\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$
Yüksək miqdarda maqnezium-oksidi olan	Melinitin tərkibində okermanit vardır. Melilitlə yanaşı psevdovollastonit, vallostonit, diopsid və digər piroksenlər kristallaşır.	$2\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$ $\alpha\text{-CaO}\cdot\text{SiO}_2$ $\beta\text{-CaO}\cdot\text{SiO}_2$ $\text{CaO}\cdot\text{MgO}(\text{FeO}, \text{MnO})\ 2$ $\text{SiO}_2$
Yüksək əsaslıq xassəli	Forsteritin əmələ gəlməsi. Həmçinin, mervinit, montiçellit, alüminomaqneziumlu şpinel də yaranır.	$2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ $3\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$ $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ $\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$
Aşağı əsaslıq xassəli	Avqit və anortitin əmələ gəlməsi mümkündür	$\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$ - $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$
Az miqdarda alüminium və maqnezium oksidi olan	Psevdovollastonit və kalsium-silikat əmələ gəlir. Psevdovollastonit üstünlük təşkil edir. Bəzən rankinit də kristallaşır	$\alpha\text{-CaO}\cdot\text{SiO}_2$ $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$

Son illərdə bəzi müəssisələrin domna posalarında MgO-in miqdarı artmış, titanomaqnetit filizləri əridildikdə isə posada TiO<sub>2</sub>-in miqdarının 10%-ə qədər çatması müşahidə edilmişdir (*Зырянов Ф., 2018*).

Tərkibində yüksək miqdarda MgO olan posalarda periklazın kristallaşmasının mümkünlüyü məsələsi çox vacibdir. Periklazanın ilkin faza olduğu posalar ən çox periklaza fazasının sərhədinə yaxın olan kimyəvi tərkibə malikdir. Bunun baş vermədiyi hallarda mayenin temperaturu nisbətən yüksək olur. Domna prosesinin normal temperaturunda onların faktiki özlülükləri çox yüksək olduğundan bu tərkibli posalar domna prosesində metallurjiya funksiyalarını yerinə yetirmir.

Tədqiqatçılar tərəfindən CaO–MgO–SiO<sub>2</sub>–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sisteminin sintetik posalarının xassələrinin hərtərəfli tədqiqatlarını aparmışdır. Bu tədqiqatlar göstərir ki psevdo-üçlü diaqramlarda (5-30% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> olan kəsiklərdə) özlülük baxımından ən sabit posaların sahələrini və eyni kükürdudma qabiliyyətinin (izosulfat) xətlərini çəkmək mümkündür.

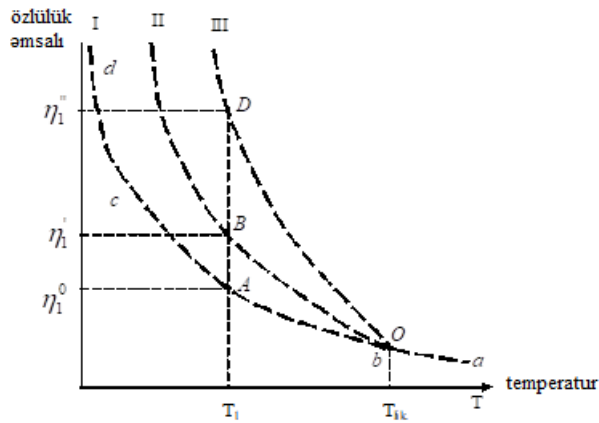
Posalarda periklazın əmələ gəlməsinin mümkünlüyünü müəyyən etmək üçün hazırlanmış CaO–MgO–SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tetraedrinin kəsiklərini əks etdirən diaqramlarda son domna posalarının optimal tərkiblərinin əldə edilmiş sahələri (həm özlülük, həm də kükürddən təmizlənmə qabiliyyəti baxımından) çəkilir. Eyni zamanda, diaqramlarda bu sistemin minerallarının kristallaşma sahələri də tərtib edilmişdir.

Müəyyən edilmişdir ki, tərkibində 5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> olan MgO-nun 20%-ə qədər artması posada periklazın görünmə ehtimalını aradan qaldırır. Posalar əsasən melilit kristallaşması oblastında olur. Periklaza oblastı ilə həmsərhəd olan mervinit və qismən montişelitin ilkin fazası oblastında yerləşən kompozisiyalar üçün də periklazanın görünməsi təhlükəsi yoxdur. Çünki maye fazalar likvidus temperaturundan soyuduqda bu xətlərin üzərində yerləşir ki, periklaz zonasının sərhədləri ilə kəsişməsin.

Tərkibində 10% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> olan optimal özlülük kompozisiyaları oblastı periklazın kristallaşma oblastına çox az uzanır. Lakin posanın kükürddən təmizlənməsinin effektiv qabiliyyətini nəzərə alaraq, posanın soyudulması zamanı periklazın meydana gəlməsi təhlükəsi yoxdur. Əsasən posa kompozisiyaları melilit, mervinit, montişelit və qismən forsteritin ilkin fazasının kristallaşma oblastında yerləşir.

Bənzər bir vəziyyət 15 və 20%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  olan posalar üçün qeyd edilə bilər, yəni optimal özlülüyü olan posaların oblastı periklazın kristallaşma sərhədini bir qədər üstələyir. Kükürdsüzləşdirmə qabiliyyətini nəzərə alsaq, periklazın baş vermə ehtimalı əhəmiyyətsizdir.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -in miqdarı artdıqca, posa tərkibi oblastı şpinelin əsas faza kimi kristallaşdığı zonaya keçir. Tərkibində 16-17%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  və ondan aşağı olan posa ərimələrində koordinasiya komplekslərinin strukturu baxımından uyğun olan son domna posalarının optimal tərkibləri müxtəlif MgO tərkibli müxtəlif əsaslı posaların (1,26-0,83) əmələ gəlməsinə imkan verir.

Bəzi tədqiqatçılar tərəfindən yavaş-yavaş soyudulmuş maqnezium posalarının faza tərkibinin öyrənilməsi onların tərkibində periklaza şəklində sərbəst maqnezium oksidinin olmadığı qənaətinə gəlməyə imkan verir. Maqnezium oksidi okermanit ( $2\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$ ), montişelit ( $\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ ), maqneziumlu şpinel ( $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ), mervinitin ( $3\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ ) tərkibinə daxildir. Titan-maqnetit filizlərinin əridilməsi zamanı posaların mineraloji tərkibinin xüsusiyyətləri posalarda titan oksidlərinin olması ilə əlaqədardır. Tarazlığa yaxın soyutma sürətində baykovit ( $2\text{CaO}\cdot 3\text{MgO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\cdot \text{TiO}_2\cdot \text{TiO}_3\cdot \text{SiO}_2$ ;  $Np = 1,746 + 0,003$ ), perovskit ( $\text{CaO}\cdot \text{TiO}_2$ ), şpinel, melilit, titanavgit, karbonitridlərə də rast gəlinir (Волженский А., 2021). Perovskitin melilitdə evtektik böyümələr şəklində kristallaşır. Titanavgit melilit, perovskit və baykovit dənələri arasındakı boşluqları doldurur. Oksidləşdirici və reduksiyaedici atmosferlərdə müxtəlif temperaturlarda kristallaşan titantərkibli posa şüşələrinin faza tərkibinin təhlili göstərir ki, yumşalma temperaturunun artması ilə qaz mühitindən asılı olmayaraq kristallaşma zamanı baş verən bəzi proseslər ümumi xarakter daşıyır. Beləliklə, posanın porfir strukturu saxlanılır. Yəni onun həddindən artıq soyuması zamanı əmələ gələn yüksək temperaturlu minerallar bütün yumşalma temperaturlarında (titan karbonitridləri istisna olmaqla) porfir çöküntüləri şəklində müşahidə olunur (şəkil 2.5). Bundan əlavə, şüşənin devitrifikasiyası izolyasiyaların, yuvacıqların əmələ gəlməsi, melilitin skelet böyüməsi formaları və melilit dənəciklərinin və ikinci nəsil perovskitin incə dənəli aqreqatının ayrılması müşahidə olunur. Eyni kristallaşma ardıcılığı belə olur: birinci nəsil şpinel-perovskit - melilit ; ikinci nəsil perovskit (Анашкин Н., 2018).



Şəkil 2.5. Müxtəlif soyuma variantlarında posaların özlülük əmsalının temperaturdan asılılığı:

- I-posanın ifrat soyuması;
- II-posanın sürətlə soyuması;
- III-posanın yavaş-yavaş soyuması.

Eyni zamanda, qaz mühitinin xarakterindən asılı olaraq, əhəmiyyətli fərqlər də var. Beləliklə, oksidləşdirici mühit əsas mineraloji fazaların - melilit və perovskitin daha intensiv kristallaşmasına kömək edir. Üstəlik, birinci halda, bu fərq ən aydın şəkildə  $1000^{\circ}\text{S}$ -ə qədər olan temperatur aralığında, ikincidə isə  $1100\text{-}1200^{\circ}\text{S}$  temperaturda özünü göstərir. Oksidləşdirici yumşalma zamanı ikinci nəsil perovskitin kristallaşması artıq  $1100^{\circ}\text{S}$ -də tamamlanırsa, azaldıcı mühitdə bu proses yalnız  $1200^{\circ}\text{S}$ -də başlayır. Oksidləşdirici mühitdə titan karbonitridlərinin miqdarı artan temperaturla azalır, lakin temperatur azalan mühitdə bütün temperatur diapazonunda bu miqdar sabit qalır. Görünür ki, oksidləşdirici yanma prosesində dördvalentli titanda artım aşağı titan oksidlərinin oksidləşməsi nəticəsində və ən intensiv olaraq  $1100\text{-}1200^{\circ}\text{S}$ -də baş verir. Reduksiyaedici mühitdə dördvalentli titanın miqdarı demək olar ki, dəyişməz qalır. Posada  $\text{TiO}_2$ -nin artması onu izah edir ki, oksidləşdirici yumşalma zamanı reduksiya ilə yumşalma ilə müqayisədə perovskitin ( $\text{CaO}\cdot\text{TiO}_2$ ) miqdarı artır və ikinci nəsil perovskitin kristallaşması daha aşağı temperaturda baş verir.

*Poladəritmə posaları.* Əsasi marten posalarının tərkibinə aşağıdakı minerallar daxildir: larnit  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ; manqan-dəmir montiçellit  $\text{CaO}\cdot(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})\cdot\text{O}\cdot\text{SiO}_2$ ; mervinit  $3\text{CaO}, \text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2, 3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  (yüksək əsaslı posa); dikalsium-ferrit  $2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; braunmillerit  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; şpinellər  $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})\text{O}\cdot(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Cr}, \text{Mn})_2\text{O}_3$ ; dəmirli qelenit  $2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ ; periklaz  $\text{MgO}$ , əhəng  $\text{CaO}$ , sərbəst oksidlərin bərk məhlulları  $(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Mg})\cdot\text{O}\cdot(\text{RO fazası})$ ; oldqamit  $\text{CaS}$ ; troilit  $\text{FeS}$ ; alabandin  $\text{MnS}$  və s. Kimyevi analiz vasitəsilə marten sobalarında əridilmə zamanı alınan posaların mineral tərkibi müəyyən edilmişdir, %-lə:  $25\text{-}50\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ;  $30\text{-}40$

mervinit  $3\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$ ; 15–25 qelenit  $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ ; 7-20 şpinel  $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  və  $\text{FeO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 4-6 periklaza  $\text{MgO}$ ; 5-2 oldqamit  $\text{CaS}$ ; 11–19 maqnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ; 13–20 montiçellite  $\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ ; 20-45 manqan montiçellite  $\text{CaO}\cdot\text{MnO}\cdot\text{SiO}_2$ . Marten posalarının mineraloji tərkibi əhəmiyyətli dərəcədə onların əsaslılığından asılıdır (*Барбанягрэ В., Коледаева Т., 2019*). Poladəritmədə istifadə edilən əsas elektrik sobalarının posaları oksidləşdirici və reduksiya ərimələrindən asılı olaraq iki yerə bölünür. Dörd növ oksidləşdirici ərimə posaları var.

*Birinci növ* yüksək əsaslı posalar. Onlarda  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  və RO fazası üstünlük təşkil edir. Onlar həmçinin  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ , az miqdarda  $\text{CaO}$ , flüorapatit və  $\text{CaF}_2$ -dən ibarətdir.

*İkinci*, daha çox yayılmış posa növündə əsas minerallar  $\alpha$ - və  $\beta$  -  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  və RO fazasıdır.  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  bərk məhlulunda yəqin ki, az miqdarda  $\text{P}_2\text{O}_5$  və mervinit də vardır.

*Üçüncü növ* RO fazası və az miqdarda  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  olan mervinit posalarıdır.

*Dördüncü növ* mervinit-montiçelit posaları daxildir.

Reduksiya əridilməsindən alınan elektrik soba posaları da mineraloji tərkibinə görə dörd növə bölünür.

*Birinci növ*  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , sərbəst əhəng və az miqdarda periklaza,  $\text{CaF}_2$  və  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  olan yüksək əsaslı ağ posadır.

*İkinci növ*, dikalsium silikatla zəngin olan, çox az miqdarda periklaza,  $\text{CaF}_2$  və kalsium alüminatları olan parçalanan posadır.

*Üçüncü növ* əsasən mervinit və çox az miqdarda  $\text{CaF}_2$  olması ilə xarakterizə olunur.

*Dördüncü növ*  $\text{CaC}_2$  və sərbəst əhəngdən ibarət yüksək əsaslı posadır.

*Ferroərinti posaları.* Flük üsulu ilə aşağı karbonlu ferroxromun əridilməsi zamanı posalar xrom şpinel, mervinit və melilitdən ibarət olur. Silikat hissəsi olivin mineralı  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 - 2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2 - 2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$  və qelenit və ya melilitdən, yaxud piroksen və olivindən, həmçinin, yalnız piroksen və şüşədən də ibarət ola bilər. Silikat turşusu ilə zəngin olan şüşə  $\text{MgO}$  ilə yanaşı çoxlu miqdarda  $\text{Al}_2\text{O}_3$  və Cr (flüssüz əriyən posalarda) ehtiva edir. Ferromanqan əritməsindən əldə edilən posanın vacib komponenti 2(Mg,

$\text{Fe}\cdot\text{O}\cdot\text{SiO}_2$ -nin kiçik əlavəsi ilə  $2\text{MnO}\cdot\text{SiO}_2$  və  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ -nin bərk məhlulu olan tefroit mineralıdır. Onu yüksək miqdarda manqan oksidləri ilə müşayiət edən manqanozit  $\text{MnO}$ , hausmannite  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ , manqan şpineli və perovskitdir. Tərkibində yüksək  $\text{Al}_2\text{O}_3$  olan posalarda sulfidlərin ( $\text{MnS}$ ,  $\text{CaS}$ ,  $\text{FeS}$ ) daxil olduğu melilit də mühüm rol oynayır. Yüksək turşuluğa malik olan posaların tərkibində şüşə daha çox olur.

*Vaqranka posaları.* Vaqranka posaları turş xassəli posalara aiddir. Onlar turş domna posalarından əhəmiyyətli miqdarda  $\text{FeO}$  və  $\text{MnO}$ , turş marten posalarından isə artıq miqdarda  $\text{Al}_2\text{O}_3$  və  $\text{CaO}$ -in olması ilə fərqlənir. Vaqranka soba posaları, tərkibində anortit və qismən melilit olduğuna görə yüksək turş domna soba posalarına bənzəyir, lakin tərkibində əhəmiyyətli dərəcədə piroksenin olması ilə turş marten posalarına bənzəyir (*Гончаров Ю., 2018*).

#### **2.4. Metallurgiya posalarının radioaktivliyi**

Metallurgiya sənayesi məhsullarının istehsalı üçün istifadə olunan yüksək tonnajlı posa tullantıları ətraf mühit üçün ciddi problemlər yaradır. Bu məsələ keçən əsrin 60-cı illərindən başlayaraq diqqət mərkəzində olmuşdur və hal hazırda da bir çox tədqiqat qrupları və istehsalat mütəxəssisləri tərəfindən araşdırılmaqdadır. Metallurgiya posaları əsasında bir sıra tikinti materialları istehsalı ilə resurslara qənaət texnologiyaları işlənmiş və hazırlanmışdır. Bu posalar əsasında tikinti materiallarının istehsalı, həm istehsalda təbii xammallara qənaətə, həm də ətraf mühiti çirklənmələrdən qorumaq baxımından perspektivlidir.

Bir çox tədqiqatçılar betonlar və silikat materialları üçün metallurgiya posalarının tətbiqi ilə yeni texnologiyalar hazırlamışlar. Tikinti materialları üçün istifadə olunan xammallar standartlara uyğun olaraq tam təmiz və insan sağlamlığına zərər verə biləcək qarışıqlardan kənar olmalıdır. Metallurgiya filizlərində, alınan ərintilərdə və həmçinin posaların tərkibində müəyyən qədər radiaktiv maddələr olur. Bu səbəbdən tikinti materiallarının istehsalında tətbiq olunmaq üçün nəzərdə tutulan posalar radioaktivliyə görə də analiz olunmalıdır. Materialların radioaktivliyi bir çox üsullarla tədqiq edilir (*Айменов Ж, Сарсенбаев Б., 2021*).

**Qamma-şüa spektrometriya üsulu (QŞS) ilə radioaktivliyin tədqiqi.** Materialın radioaktivliyi, posaların tərkibində təbii radionuklidlərin (TR) miqdarı ilə əlaqəlidir. Posaların radiasiya xarakteristikalarının tədqiqi texniki material kimi onlardan istifadə edildikdə çox əhəmiyyətlidir. Materialın spesifik radioaktivliyinin qiymətləndirilməsi, xammalın təbiəti və radionuklidlərin sorpsiyası qabiliyyəti ilə müəyyənləşir. TR ilə əlaqədar olan posa minerallarının sorbsiya qabiliyyəti, onların kimyəvi tərkibi, turşuluğu, səthi morfoloqiyası və kristallik ölçüləri ilə bağlıdır. Posanın tərkibində müxtəlif mineralların olması ilə əlaqədar olaraq, onların radioaktivliyi də müxtəlif kəmiyyətlərə malikdir. Bu səbəbdən, ayrı-ayrı posa fraksiyalarının şüalanmasını analiz etmək və praktiki istifadə üçün ən aşağı aktivliyə malik fraksiyaları seçmək vacibdir. Posaları tikinti materialları istehsalına əlavə kimi tətbiq edərkən radioaktivliyi mütləq nəzərə alınmalıdır. Posaların xüsusi radioaktivliyi QŞS üsulla stintilyasion CEQ-001 “AKP” qamma-spektrometrinin köməyi ilə 50-3000 keB qamma-şüalanma diapazonunda təyin olunur. Test nümunəsi, 1 dm<sup>3</sup> həcmi olan Marinelli ölçü küvetində yerləşdirilir. TR fəaliyyəti üçün orta ölçmə müddəti 2 saatdır. Marinelli geometri (P=0.95) üçün fəaliyyət ölçmənin icazəli əsas xətasının həddi icazəli əsas xətanın həddindən 25% artıq deyil. Ölçmə nəticələrinin işlənməsi üçün Akwin proqram təminatından istifadə edilmişdir. QŞS tədqiqatının nəticələrinə əsaslanaraq, posaların radioaktivliyinin xüsusi effekti ( $C_{ef}$ ) aşağıdakı formulaya görə hesablanmışdır (Айменов Ж, Сарсенбаев Б., 2021) :

$$C_{ef.}=C_{Ra} + 1,31C_{Th} + 0,85 C_K , Bk/kq \quad (3)$$

İki mənbədən nümunə götürülərək posaların radionuklid tərkibi, qamma-spektrometrik analizin nəticələri ilə təyin edilir. Tədqiq olunan domna və poladəritmə posalarının qamma-spektrometrik analizinin nəticələri və  $C_{ef}$ -in qiymətləri 2.7 və 2.8 cədvəllərində verilmişdir. Tədqiq edilən posaların tərkibində təbii radionukliotidlərdən <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th və <sup>40</sup>K müşahidə olunmuşdur. Ən çox hallarda, bütün radionuklidlər arasında ən yüksək miqdara <sup>226</sup>Ra, sonra isə <sup>232</sup>Th malikdir ([lex.uz/docs/1908086](http://lex.uz/docs/1908086)).

Cədvəl 2.7.

Poladəritmə istehsalında alınan posaların qamma-spektrometrik analizinin nəticələri

Ərinti istehsalında alınan posa fraksiyaları	$C_i$ , Bk/kq			$C_{cəm}$ , Bk/kq	$C_{ef}$ , Bk/kq
	$^{40}\text{K}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$		
birinci istehsal müəssisəsi					
FeNi < 2,5 mm	112,0	63,0	36,3	211,0	120,0 ± 12,5
FeNi 10-20 mm	84,3	53,1	44,5	182,0	119,0 ± 13,1
FeNi > 40 mm	67,3	61,8	37,0	166,0	116,0 ± 13,5
ikinci istehsal müəssisəsi					
FeSiMn 20-40 mm	670	169	32,3	871,0	268,0 ± 26,2
FeMn	0	0	0	0	0

Cədvəl 2.8

Domna sobalarından alınan posaların qamma-spektrometrik analizinin nəticələri

Qranometrik fraksiya, mm	$C_{ef}$ , Bk/kq	$C_i$ , Bk/kq (% $C_{cəm}$ )		
		$^{40}\text{K}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$
Tökmə domna posası				
Orta nümunə	16,5 ± 4	-	12,8 (82,0)	2,8 (18,0)
Dənəvərləşdirilmiş domna posası				
Orta nümunə	127 ± 15	116 (51,4)	85,1(37,7)	24,5 (10,9)
> 10 mm	117 ± 17	209 (69,5)	67,1(22,4)	24,3 (8,1)
> 10 mm, boz rəng	140 ± 1 9	354 (77,9)	71,3(15,7)	29,2 (6,4)
> 10 mm, ağ rəng	91,4 ± 13	95,4 (55,3)	57,8(33,5)	19,4 (10,9)
5-10 mm	119 ± 18	244 (72,9)	65,4 (19,6)	24,5 (11,3)
2,5-5 mm	131 ± 18	269 (72,8)	74,6(20,2)	25,1 (7,5)
1,25-2,5 mm	153 ± 19	369 (76,5)	87,7 (18,2)	25,5 (5,3)
0,63-1,25 mm	157 ± 19	368 (75,9)	88,6 (18,3)	28,3 (5,8)
< 0,63 mm	161 ± 19	391 (76,7)	90,6 (17,8)	28,3 (5,6)

$C_{ef}$ -in ədədi qiymətinə görə domna posaları (75Bk/kq) digər posalardan, xüsusilə də, əlvan metallurjiya (65 Bk/kq), konverter (38 Bk/kq), fosfigips (60 Bk/kq), və kolçedan yanığının (26 Bk/kq) radioaktivliyindən daha yüksək göstəriciyə malikdir. Lakin, tədqiq olunan posaların  $C_{ef}$  göstəricisi yanacaq və fosforlu posaların müvafiq göstəricilərindən əhəmiyyətli dərəcədə kiçikdir. Ümumiyyətlə, bütün metallurjiya posalarında  $C_{ef}$ -in göstəriciləri 370 Bk/kq-dən yüksək deyil və birinci sinif radiasiya təhlükəliyinə aiddir. Bu səbəbdən metallurjiya posalarının radioaktivlik xassələri imkan verir ki onlardan tikinti materialları istehsalında xammal kimi istifadə olunsun (Хоботова Э., Уханёва М., Грайворонская И., 2020).



Ədəbiyyat məlumatlarındakı posa nümunələrinin QŞS analizinin nəticələrinə əsasən belə bir qənaətə gələ bilərik ki,  $^{40}\text{K}$ -nın spesifik aktivliyi aşağıdakı şəkildə göstərilə bilər (Айменов Ж, Сарсенбаев Б., 2021) :

- Yanacaq posaları: 462 Bk/kq
- Konverter posaları: 122 Bk/kq
- Fosforit posaları : 115 Bk/kq
- Qeyri-filiz metallurjiya filizi: 111 Bk/kq

Bu nəticələr posaların  $^{40}\text{K}$ -nın spesifik aktivliyini göstərir və materialın radiasiya xarakterini qiymətləndirmək üçün istifadə edilir.  $^{40}\text{K}$ -nın spesifik fəaliyyəti posa fraksiyalarının dispersiya dərəcəsinin təxminən iki dəfə artması ilə artır. Digər iki TR-nin spesifik fəaliyyəti praktiki olaraq müxtəlif fraksiyalar üçün dəyişməz qalır.  $^{226}\text{Ra}$  üçün isə aşağıdakı asılılıq müşahidə edilir: metallurji posa fraksiyasında  $C_{\text{Ra-226}}$  qiyməti yanacaq posaları (72 Bk/kq) və fosfor posaları (192 Bk/kq) ilə müqayisədə daha aşağıdır. Lakin  $C_{\text{Ra-226}}$  əlvan metallurjiya (23 Bk/kq) və konvertor posaları (20 Bk/kq) ilə müqayisədə daha yüksəkdir.

Posa fraksiyalarında  $C_{\text{Th-232}}$ -nin spesifik fəaliyyəti yanacaq fraksiyalarına nisbətən aşağıdır (63 Bq/kq), lakin konverter (6 Bk/kq), fosfor posaları (17 Bq/kq) və əlvan metallurjiya posalardakı (25 Bq/kq)  $C_{\text{Th-232}}$ -nin orta qiymətini üstələyir ([lex.uz/docs/1908086](http://lex.uz/docs/1908086)).

## 2.5. Posaların hidravlik aktivliyi və yapışdırıcılıq xassələri

Metallurjiya posalarında təxminən 20 adda mineral vardır ki, onalar bir neçə qrupda birləşdirmək olar:

- kalsiumin ortosilikatları;
- kalsium və maqneziumun metasilikatları;
- kalsiumun alümosilikatları-anortit, qelenit;
- kalsium və maqneziumun silikatları-montiçellit, diopsid, okermanit, melilit;
- kalsium-ferrit və ferrosilikat-kalsium-ferrit, dəmirli qelenit.

Posa minerallarının yapışdırıcı xassələrini onların hər birinin müəyyən şərtlər altında və müəyyən aktivləşdirici agentlərdən istifadə edildikdə hidravlik fəaliyyət nümayiş etdirirlər. Müxtəlif bölgələrin domna posalarının mineral tərkibini orta hesabla ümumi olaraq belə ifadə etmək olar (cədvəl 2.9)

Cədvəl 2.9

## Müxtəlif bölgələrin domna posalarının kimyəvi tərkibi

Posa növü	Tərkibi, %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	SO <sub>3</sub>	S	Cəmi
Domna sobası №1,	40,72	8,62	0,54	39,84	5,15	-	-	0,83	100,2
Domna sobası № 2	41,8	7,6	0,85	40,9	1	2,5	0,14	0,9	96,9
Domna sobası № 3	37,7	7,09	0,34	46,74	4,83	n.o.	0,16	0,68	96,17
Domna sobası № 4	39,4	6,2	0,77	44,3	2,8	0,6	1,1	0,4	95,57

Normal və hidrotermal şəraitlərdə bərkimənin əsas effektiv aktivatoru CaO-dür. Posaların yapışdırıcı xassələri cədvəldə verilmişdir (Cədvəl 2.10).

Cədvəl 2.10

## Posaların yapışdırıcı xassələri

Posa növü	CaO	CaSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	7 sutka		1 ay		6 ay		1 ay suda bərkimə	
			Sement məhlulunun tərkibi: sement:qum							
			1:0	1:3	1:0	1:3	1:0	1:3	1:0	1:3
Domna sobası №1,	-	-	5	2,4	7,5	2,5	8	3,5	-	-
	5	-	5	5,8	5	5,3	7,5	7,2	5,6	4,8
	-	15	-	-	-	-	2,5	2,2	-	-
Domna sobası №2	-	-	2,5	1,3	2,8	1,9	-	-	-	-
	5	-	3,8	2,6	16	8,3	-	-	12,5	6
	-	15	2,5	1,3	3,8	1,8	-	-	-	-

Ümumiyyətlə qəbul edilir ki, posaların hidravlik aktivliyinin artması onlarda olan şüşəvari fazasının miqdarından birbaşa düz mütənasib asılılıqla bağlıdır. Lakin praktika göstərir ki, bu cür davranış həmişə müşahidə olunmur. Bəzi hallarda eyni kimyəvi tərkibə malik ərintidən alınan şüşəvari posa müəyyən dərəcədə kristallik fazası

olan posadan daha yüksək yapışdırıcı xassəyə malik olur. Posaların yapışdırıcı xassəsini tədqiq etmək üçün eyni domna posasının müxtəlif rejimlərdə soyudulması ilə onlardakı şüşəvari və kristallik fazaları arasındakı nisbət təyin edilmişdir. Bununla da daha yüksək hidravlik aktivliyə malik posa alınmışdır. Posaların soyudulması aşağıdakı üç müxtəlif rejimlərdə həyata keçirilmişdir:

I-alovlu-maye posa novalça vasitəsilə suya tökülür və dərhal soyudularaq sudan çıxarılır;

II-eyni tərkibli alovlu-maye posa dənəvərləşdirmə qurğusuna verilir və burada nəm üsulla dənəvərləşdirmə aparılır;

III-alovlu-maye posa posadaşıyan şuxura tökülür və hovuzda daşınaraq posa pemza alınır. Bu üsulla soyudulma zamanı posa ərintisi tam olaraq kristallaşır. Müxtəlif rejimlərlə soyudulmuş posa nümunələrinin təcrübi nəticələri cədvəldə verilmişdir (cədvəl 2.11)

Cədvəl 1.11

## Posaların hidravlik aktivliyi

Nümunənin №-si	Soyudulma rejiminin №-si	Posanın faza tərkibi		Sıxılma zamanı möhkəmlik həddi, MPa
		Kristallik faza	Şüşə	
1	I	-	100	0,22
	II	8-10	90-92	9,7
	III	30	70	10
2	I	-	100	0,17
	II	15-18	82-85	12
	III	20	80	7,4
3	I	-	100	0
	II	1-2	98-99	0,5
	III	35	65	3,7

Cədvəldəki göstəricilərdən məlum olur ki, soyudulma rejimindən asılı olaraq kristallik və şüşə faza arasındakı nisbət dəyişir ki, bu da posanın yapışdırıcılıq xassəsinə birbaşa təsir edir. Nəm üsulla dənəvərləşdirilmiş posalarda kristallik fazanın 1-2%-dən 15-18%-ə qədər artması onun yapışdırıcı xassəsini artırır. Posanın hovuzda kristallaşdırılması ilə kristallik posaların miqdarını artırır (20-35%-ə qədər) ki, bu da onun yapışdırıcı xassəsini kəskin azaldır (3,7-7,4 Mpa). Belə nəticəyə gəlinir ki, optimal variant posanın tərkibində 8-18% kristallik fazanın olmasıdır.

Tədqiqatlar göstərmişdir ki, turş xassəli domna posası kristallaşan zaman ilk olaraq 1250<sup>0</sup>S-də anortit, sonra 1220<sup>0</sup>S-də pəvdovollastonit, 1150<sup>0</sup>S-də isə vollastonit, melilit, rankinit kristallaşır. Posa ərintisinin qeyri-bərabər istiqamətlənmiş kristallaşması aktiv kristallik fazanın ayrılmasını təmin edir. Sənaye şəraitində bunu əldə etmək üçün posa ərintisi aktiv kristallik fazanın yaranması temperaturuna qədər soyudulur. Daha sonra posa yüksəkaktiv mineralın kristallaşması üçün asta soyudulur. Sonda yenidən kəskin soyudulma ilə qalan posanı şüşəvari vəsiyyəyə gətirirlər.

## 2.6. Posaların sorbsiya xassəsinin tədqiqi

Posaların sorpsiya xassələri (PSS) həll edici maddələrin (sorbətlərin) konsentrasiyasının dəyişməsi ilə statik və dinamik şəraitdə müəyyən edilmişdir. Dinamik rejimdə sorpsiya, 2-4 saat ərzində təxminən 400-500 rpm fırlanma sürəti ilə maqnit stirrer MM-5-də həyata keçirilmişdir (*Горюков В., Тумаев В., 2021*).

*Məhlulda sorbatın qatılığının spektrofotometrik və kapilyar elektroforez üsulu ilə tədqiqi.* Posalar vasitəsilə sorbsiya spektrofotometrik üsulla SPEKOL 11 cihazı vasitəsilə tədqiq edilmişdir. Tədqiqat distillə suyu ilə müqayisəli şəkildə müxtəlif sorbatlar üçün məhlulun rəngindən asılı olaraq  $\lambda=620$  nm və 500nm dalğa uzunluğunda aparılmışdır.  $\lambda=620$  nm dalğa uzunluğunda metilen abısı (göy rəng), metilbənövşəyi (bənövşəyi rəng), mis duzları (göy rəng), kobalt duzlarının (göy rəng) optiki sıxlıqları  $D$  ölçülmüşdür.  $\lambda=500$  nm dalğa uzunluğunda qırmızı rəngli məhlullar tədqiq edilmişdir. Üzvi maddələrin qatılığı əvvəlcədən qurulmuş kalibr əyrisi vasitəsilə məhlulların optiki sıxlığının  $D$  onların qatılığından asılı olaraq təyin edilmişdir. Buraxıla bilən xətanın həddi 5% qəbul edilir. Posanın adsorbsiya kəmiyyəti ( $a$ ) aşağıdakı formulla hesablanır.

$$a = \frac{(C_1 - C_2) \cdot V}{m}, mq/q \quad (4)$$

burada,  $C_1$ -və  $C_2$ - müvafiq olaraq sorbatın sorbsiyadan əvvəlki və sonrakı qatılıqlar, mq/dm<sup>3</sup>;  $V$ -məhlulun həcmi, dm<sup>3</sup>,  $m$ -sorbentin kütləsi, q.

Su fazasında anion və kationların qatılığı kapilyar elektroforez üsulu ilə tədqiq

edilir. Tədqiqat üçün “Kapel-104T” cihazından istifadə edilir. Metod elektril sahəsinin təsiri ilə kvars kapillyarda mürəkkəb qarışıqın ayrılmasına əsaslanır (Барбанягрэ В., Коледаева Т., 2019) .

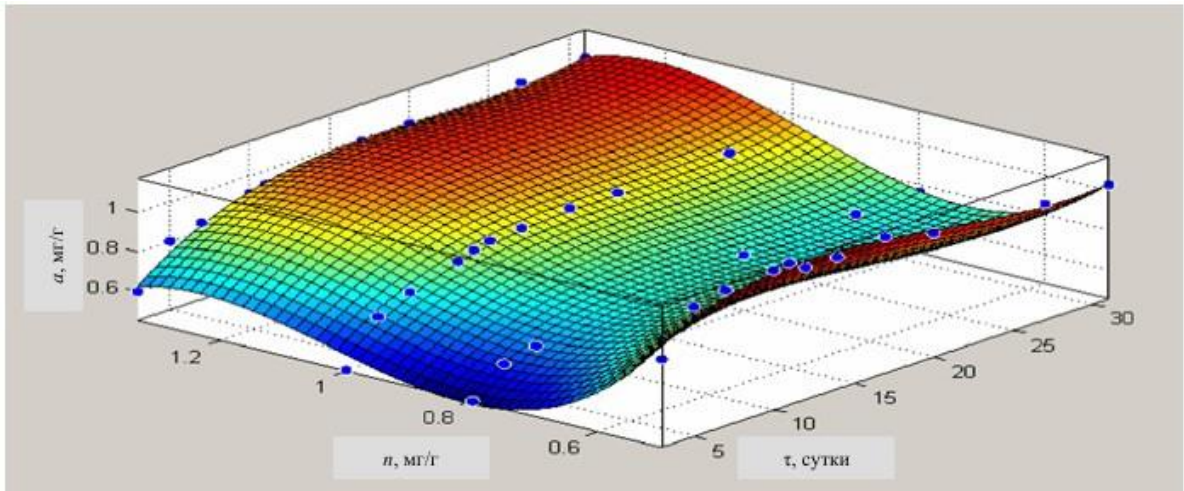
*Posa sorbent ilə adsorbsiyanın riyazi modelləşdirilməsi.* Sorbsiyanın kəmiyyət xarakteristikaları adsorbsiya miqdarı ( $a$ ) və sorbsiya effektivliyi ( $E$ ) bir çox faktorlardan asılıdır ki, bunlar arasında əsas olanlar “sorbent : posa sorbent” ( $n$ ) nisbəti, adsorbsiya müddəti ( $\tau$ ) və sorbat məhlulunun pH-dır. Adsorbsiyanın yüksək effektivliklə həyata keçirmək üçün optimal şəraitlərini təyin etmək lazımdır. Riyazi modelləşmə üsulu ilə adsorbsiyanın posa adsorbentlə aparılmasının metodikası hesablanmışdır. Diopsid mineralı əsasında posa ilə metilen abısı (MA) boyasının adsorbsiyası çoxsaylı eksperimentlərlə aparılmış və alınan nəticələrdən istifadə edərək MATLAB proqramı və TOOLBOX altsisteminin köməkliliyi ilə prosesin riyazi təsviri və adsorbsiyanın parametrlərdən asılılıq qrafikləri hazırlanmışdır. Bu zaman əsas parametrlər kimi “MA:posa”, zaman və MA məhlulunun pH-ı götürülmüşdür.

*I-MA-nın adsorbsiyasına “MA:posa” və zamanın təsiri.* Posanın miqdarı artırıldıqca adsorbsiyanın effektivliyi yüksəlir. İlk 5 sutka ərzində posanın miqdarı 1250 dəfə artdıqda effektivlik yüksəlir. Proses  $\geq 10$  sutka davam etdikdə adsorbsiya effekti adsorbentin 1000 dəfə artırılmasında müşahidə edilir. “MA:posa”=2mq/q nisbətində 11 sutkadan sonra desorbsiya başlayır. Beləki, 11-ci sutkada  $a=1,17$  mq/q qiymətində təmizlənmənin ən aşağı effektivliyi-58,5% qeyd olunmuşdur. Buna görə məqsədyönlüdür ki, “MA:posa”= 1mq/q nisbətində istifadə edilsin. Çünki bu zaman  $a$  və  $E$  böyük sürətlə artır. MA=0,92 mq/q olduqda təmizlənmənin effektivliyi ən yüksək qiyməti olan 92% alır. Nəticələr əsasında “ $a$ -  $\tau$  - $n$ ” asılılığının reqressiya tənliyi (5) qurulmuşdur:

$$a = 2,11 + 0,02222\tau - 3,266n - 0,0008168 \tau^2 + 0,01455\tau n + 1,579n^2 \quad (5)$$

Alınmış asılılığın qrafik təsviri şəkildə verilmişdir (şəkil 2.5). Şəkildə  $a$ -nın böyük qiymətlərində adsorbsiyanın ən effektiv sərtləri qırmızı və narıncı rəngdə qeyd olunmuşdur. Prosesin  $\tau$  və  $n$  parametrlərinə görə ikinci tərtib reqressiya tənliyi

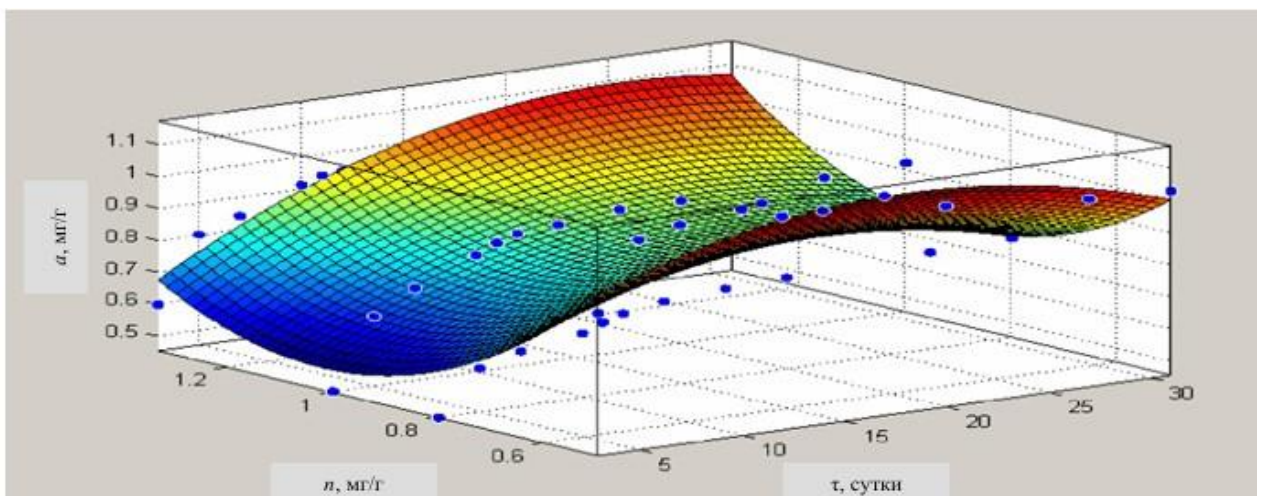
qurulmuşdur. Eksperimental alınanların daha dərin təhlili əsasında üçüncü tərtib reqressiya tənliyini (6) almaq mümkün olmuşdur:



Şəkil 2.5.  $a = 2,11 + 0,02222\tau - 3,266n - 0,0008168\tau^2 + 0,01455\tau n + 1,579n^2$  asılılığın qrafik təsviri

$$a = 5,938 + 0,03538\tau - 17,87n - 0,003823\tau^2 + 0,07923\tau \cdot n + 18,14n^2 + 6,477 \cdot 10^{-5}\tau^3 - 0,0002236\tau^2 \cdot n - 0,03111\tau \cdot n^2 - 5,892n^3 \quad (2)$$

(6) asılılığının qrafik tənliyi şəkildə təsvir olunmuşdur (şəkil 2.6).

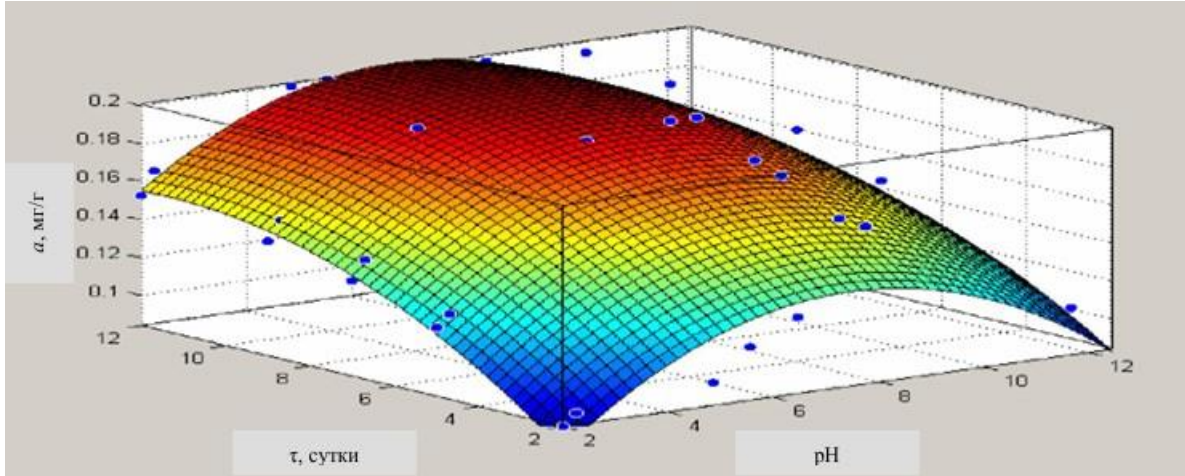


Şəkil 2.6.  $a = 5,938 + 0,03538\tau - 17,87n - 0,003823\tau^2 + 0,07923\tau \cdot n + 18,14n^2 + 6,477 \cdot 10^{-5}\tau^3 - 0,0002236\tau^2 \cdot n - 0,03111\tau \cdot n^2 - 5,892n^3$  asılılığın qrafik təsviri.

Birinci şəkildən fərqli olaraq qrafikin səthi bir qədər əyilmişdir. “ $a - \tau - n$ ” asılığını üçüncü tərtib reqressiya tənliyi (6) tam təsvir edir və  $a$ -nın hesablanması üçün çox əlverişlidir. İkinci tərtib reqressiya tənliyi sorbatın MA-nı effektiv çıxarmasının ( $E$ )  $\tau$  və  $n$ -dən asılılığını (7), yəni “ $E - \tau - n$ ” belə ifadə edir:

$$E = -52,64 + 2,256 \tau + 242,9 n - 0,07112 \tau^2 + 1,012 \tau \cdot n - 132,8 n^2 \quad (3)$$

Bu tənliyin qrafik təsviri şəkil 2.7-da verilmişdir. "a -  $\tau$  - n" asılılığının tənliklə ifadəsi eyni  $\tau$  və  $n$  qiymətlərinin intervallarında qeyd olunan  $E$ -nin optimal qiymətlərinin geniş diapazonu üçüncü dərəcəli reqressiya "a -  $\tau$  - n" asılılığını təsvir etmək üçün tənliyinin düzgün seçildiyinin təsdiqidir.



Şəkil 2.7.  $E = -52,64 + 2,256 \tau + 242,9 n - 0,07112 \tau^2 + 1,012 \tau \cdot n - 132,8 n^2$  asılılığının qrafik təsviri.

*II-MA-nın adsorbsiyasına zaman və məhlulun pH-nin təsir.* Çox turş və qələvi mühitlərdə adsorbsiya neytral mühitə nisbətən çox zəif gedir. pH-ın 2,2-4,8 qiymətlərində proses daha sürətlə gedir. MA-nın tam çıxarılması 7 sutka ərzində  $4,8 \leq \text{pH} \leq 10,4$  şəraitində baş verir.

MA-nın bu şərtlərlə çıxarılması effektivliyi 89-97% təşkil edir,  $a = 90-93\%$ . "a - pH -  $\tau$ " asılılığı üçün ikinci tərtib reqressiya tənliyi (8) belə olacaq:

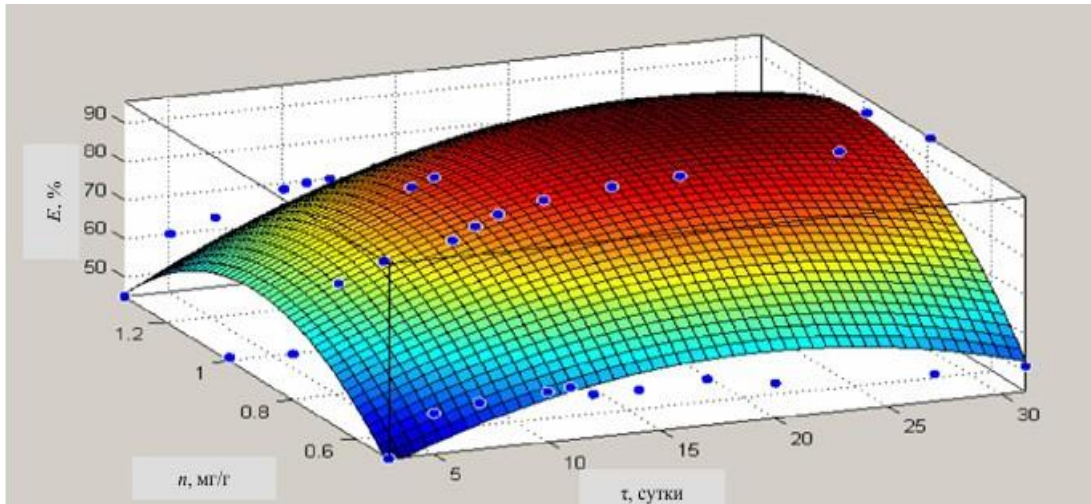
$$a = -0,02022 + 0,0312 \text{pH} + 0,02194 \tau - 0,002069 (\text{pH})^2 - 0,0002651 \text{pH} \cdot \tau - 0,0009393 \tau^2 \quad (8)$$

Asılılığı qrafik təsviri şəkil 2.8-də verilmişdir. "E - pH -  $\tau$ " asılılığı ikinci tərtib reqressiya tənliyi ilə (9) aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$E = -10,1 + 15,6 \text{pH} + 10,97 \tau - 1,034 (\text{pH})^2 - 0,1324 \text{pH} \cdot \tau - 0,4694 \tau^2, \quad (9)$$



Diopsid əsasında posa sorbentlə adsorbsiyanın göstəricilərinin hesablaşma metodikasını mükəmməl rəqressiya tənliklərinə əsaslanır. Bu tənliklər adsorbsiyanın əsas miqdari göstəriciləri və polyar həlledicilərdə adsorbsiyanın optimal şərtlərini özündə cəmləməklə statistik rejimdə adsorbsiyanın kəmiyyətini və effektivliyini müəyyən şəraitlərdə hesablaşmağa imkan verir.



Şəkil 2.8.  $a = -0,02022 + 0,0312 \text{ pH} + 0,02194 \tau - 0,002069 (\text{pH})^2 - 0,0002651 \text{ pH} \cdot \tau - 0,0009393 \tau^2$  asılılığının qrafik təsviri.



### **III. FƏSİL. MÜXTƏLİF TİKİNTİ MATERIALLARI İSTEHSALINDA METALLURJİ POSALARDAN İSTİFADƏ**

Tikinti materiallarının istehsalı üçün potensial olaraq yararlı olan böyük texnogen xammal ehtiyatları var. Yaşayış məskənlərinin ətrafında xarakterik xüsusiyyət almış çoxlu miqdarda mədən süxurları, metallurjiya tullantılarının saxlandığı çoxsaylı zibilliklər, tullantı yığınları, posa zibilillikləri su hövzələrinə, havaya, torpağa, flora və faunaya zərər verməklə yanaşı insanların həyatları üçün də ciddi təhlükə yaradır (*Баженов Ю., 2021*), *Барбанягрэ В., Колдаева Т., 2019*).

#### **3.1. İnşaat materialları istehsalı texnologiyasında metallurjiya tullantılarından istifadənin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi**

Tikinti təşkilatlarının qarşısında ətraf mühitin mühafizəsini və təkrar istehsalını nəzərə alaraq istehsalın tələbatını ödəməyə imkan verən ətraf mühitin rəşional idarə edilməsi kimi vacib vəzifə durur. Eyni zamanda, tullantısız tərəqqi ideologiyası öz yerini təkcə indiki deyil, həm də gələcək nəsillərin maraqlarını nəzərə alan davamlı inkişaf konsepsiyasına verir. Tikinti materiallarının istehsalı texnologiyaları daim təkmilləşdirilir. Müasir materialşünaslığın inkişafı ilə əlaqədar olaraq dispers materiallar və tikinti kompozitləri haqqında yeni fikirlər onların strukturu anlayışından kənara çıxır.

Tikinti materialları istehsalı müasir elmi istiqamətlərinin xarakterik xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, onlar nəinki yeni və təkmilləşdirilmiş mövcud texnologiya və materialların yaradılmasına imkan verir, həm də qeyri-ənənəvi yanaşmalar prizmasından istifadə edərək, tullantılardan yeni tərkibli tikinti materiallarının istehsalına imkanlar açır. Metallurjiya posaları yalnız tullantıların emalı və istifadəsi yolu ilə utilizasiya edilə bilər. Eyni zamanda, texnogen xammaldan istifadə etməklə sənayenin xammal bazasını artırmaqla region üçün daha bir mühüm problemi həll etmək mümkün olur. Bu, təbii material ehtiyatlarının çıxarılmasının həcmi azaldacaq

və bununla da karxanaların təbiətə vurduğu zərəri azaldacaqdır (*Веселовский А., Лайхан С., 2019*).

Texnogen xammalın istifadəsi təkcə materialların möhkəmlik və deformasiya xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırmağa deyil, həm də materialların və məhsulların makro və mikrostrukturunun yönəldilmiş formalaşdırılması imkanlarına, o cümlədən yerli xammal və texnogen tullantıların istifadəsi hesabına xammal bazasının əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirilməsi və ətraf mühitə antropogen yükün azaldılmasına imkan verir. Bu konsepsiyanın istiqamətlərindən biri də zibilliklərdə toplanan və texnogen xammalı təmsil edən sənaye tullantılarının istifadəsidir.

Sənaye tullantılarının əsas istehlakçısı tikinti sənayesi ola bilər. Tikinti materiallarının istehsalı insan fəaliyyətinin ən çox material və enerji tutumlu sahəsidir. Bu istiqamətdə təbii ehtiyatlardan minimum əmək sərfi tələb olunduğu üçün mümkün qədər istifadəyə hazır olan təbii ehtiyatlardan istifadə edilir. Təbii sərvətlərin bir-biri ilə əlaqəli təbii hallardan çıxarılması, burada onların mövcudluğu ətraf mühitin tarazlığını və dayanıqlığını təmin edir, geosistemin özünü təşkil edən prosesləri sistemində disbalans yaradır. Tikinti sənayesinin təbii xammal bazasını dəyişdirərək onu yeni növ texnogen xammalla əvəz etməklə bu balanssızlığı azaltmaq olar .

Metallurgiya posaları tikinti materiallarının və geniş çeşiddə məhsulların istehsalı üçün istifadə olunur. Metallurgiya posalarından istifadə etməklə 30%-ə qədər sementə və təbii aqreqatların yarısından çoxuna qənaət edilir, betonun istilik keçiriciliyi azalır, bina və tikililərin çəkisi azalır. Hazırda müxtəlif ölkələrə metallurgiya posalarından istifadə etməklə müxtəlif betonların istehsalı üçün 100-dən çox texnologiya işlənib hazırlanmışdır. Ağır betonda metallurgiya posalarının istifadəsi çoxkomponentli matrisin keyfiyyətini yaxşılaşdırır və hazır məhsulun konstruksiyasını və texniki xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırır. Metallurji posanın betona daxil edilməsi sementdə qələvilərin təhlükəli konsentrasiyasını azaltmağa və betonun strukturunu dəyişdirməyə imkan verir (*Мухеенков М., 2022*) .

Məsələli və ağır betonda kül və metallurgiya posalarından istifadənin uğurlu təcrübəsi müxtəlif tədqiqatçıların işlərində təsvir edilmişdir (*Хруначева И., 2020*). Müəlliflər beton qarışığına 25%-ə qədər metallurji posa daxil etmişlər. Posayla

dəyişdirilmiş kompozisiyalar üçün qatqısız betonla müqayisədə daha yüksək müqavimət qeydə alınıb. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, metallurjiya posaları betonun bərkidilməsinin sürətləndiricisi hesab edilə bilər.

Müəlliflərin (*Грайворонская И., Хоботова Э., 2017*), (*Демин Б., Смирнов Л., Сорокин Ю., 2023*) tədqiqatları göstərmişdir ki, metallurjiya posalarından penobetonda səmərəli istifadə edilə bilər. Metallurjiya posalarının 20-30% miqdarında köpük betona daxil edilməsi onun möhkəmliyini 30-40% artırır, 1200 °S temperatura qədər dayanıqlı istilik izolyasiyası, istiliyə davamlı və yanğından mühafizə materialı kimi istifadə imkanını təmin edir.

Tədqiqatlar (*Кабанов Ю., Столярский Е., 2019*), (*Каплан А., 2021*) göstərmişdir ki, metallurjiya posalarını emal etməklə kütlə sıxlığı 200-250 kq/m<sup>3</sup> olan effektiv dənəvər məsaməli aqreqat əldə etmək mümkündür. Belə doldurucular əsasında şüşə-beton əldə edilə bilər. Posaların tətbiqi ilə yeni tərkibli betondan konstruktiv tikinti materialları kimi istifadənin iqtisadi səmərəliliyi artırır. Bundan əlavə binanın artan istilik izolyasiya keyfiyyətlərini və rahatlıq-iqlim xüsusiyyətlərini qoruyaraq, adi betondan hazırlanmış konstruksiyalarla müqayisədə strukturun divar qalınlığını 1,2-1,5 dəfə azaltmağa imkan verir.

Qeyri-ənənəvi materialların geniş tətbiqi və sənaye tullantılarının təkrar emalı ilə avtomobil yolunun tikintisinin maya dəyərini azaltmaq olar. Metallurjiya posalarının yolun qurultulmasında əlavə olunması xırdaölçülü qum dənələrinin birləşməsinə səbəb olur ki, bu da çəkilən yolun istismar müddətinin və yolun möhkəmliyinin artmasına səbəb olur. Yol sənayesi asfalt-beton qarışıqları üçün metallurjiya posaları tələb edir. Müəlliflərin (*Горшков В., Тимашев В., 2021*) tədqiqatları göstərmişdir ki, metallurji posanın hidravlik aktivliyinə və dispersliyinə görə ondan böyük texniki və iqtisadi effekt verən asfalt-betonda doldurucu kimi istifadə oluna bilər. Müəlliflər belə nəticəyə gəlirlər ki, asfalt-beton üçün ən yaxşı əlavə qara metallurjiya posalarıdır. Metallurjiya posalarından istifadəsi sayəsində asfalt-betonun keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq, təbii sərvətləri qorumaq və ətraf mühitin çirklənmədən qorunması ilə bağlı bəzi məsələləri həll etmək mümkündür.

Yol-səki əsaslarının tikintisi zamanı qiymətli sementə qənaət etməklə, metallurgiya posalarından ibarət kompozisiyalar istifadə olunur. Məlumatlardan (*Кабанов Ю., Столярский Е., 2019*) göründüyü kimi aeroport, yolların, körpülərin təmiri, həmçinin heyvandarlıq komplekslərində, kimya sexlərində, metallurgiya və aqressiv maddələrə işləyən digər sənayelərdə qələvi və turşuya davamlı döşəmələrin tikintisi üçün istifadə edilən posa-silikat betonlarda metallurji posalarından istifadə olunur (*Рыщенко М., Белостоцкая Л., 2019*) .

Məlumdur ki, metallurgiya posaları bir çox kərpic zavodlarında xammal komponenti və əlavə (5-20%) kimi istifadə olunur. Hətta kiçik bir metallurgiya posalarının əlavəsi kərpicin keyfiyyətini yaxşılaşdırır və eyni zamanda enerji istehlakını azaldır. Kərpic zavodlarında posadan istifadə etməklə yanacağa 20%-ə qədər qənaət edilir və məhsulun keyfiyyəti yaxşılaşır. Kərpic zavodlarının təcrübəsi (*Зырянов Ф., 2018*) təsdiq edir ki, gildən hazırlanmış kərpicə 10-25% miqdarında metallurgiya posası əlavə edilməsi qüsurları azaldır və kərpicin keyfiyyətini artırır. Keramika kütlələrindəki metallurgiya posası əlavələri yerli aşağı keyfiyyətli xammalın texnoloji xassələrini yaxşılaşdırır. Elmi tədqiqatlar (*Лисачук Г., Щукина Л.2020*). , (*Минаев А., 2018*) və müəssisələrin təcrübəsi göstərir ki, metallurgiya posası əlavələrin yerli gillərlə qarışığında istifadəsi keramika divar materiallarının, üzlük və fasad plitələrinin, kanalizasiya borularının fiziki-mexaniki xassələrini tənzimləməyə imkan verir.

Yuxarıdakı icmaldan belə bir nəticə çıxır ki, təbii xammala qənaət etmək və yüksək istehlak xüsusiyyətlərinə malik qənaətcil tikinti materialları əldə etmək və enerji xərclərini azaltmaq üçün ehtiyatlardan biri də metallurgiya posaları ola bilər.

### **3.2. Portlandsementinin istehsalında metallurgiya posalarının istifadəsi**

Metallurgiya posası Portlandsement texnologiyasında geniş tətbiq tapmışdır və onlar həm xammal qarışığının tərkib hissəsi, həm də aktiv mineral əlavə kimi istifadə olunur. Qara metallurgiya posası dünya təcrübəsində bir çox dövlətlərdə sement zavodu tərəfindən sement xammalının tərkib hissəsi kimi istifadə olunur. Xammal qarışığının bir hissəsi kimi metallurgiya posasından istifadə etmək imkanı qara

metallurgiya posanın və Portlandsement klinkerinin kimyəvi tərkibinin nisbi oxşarlığı ilə izah olunur. Bir qayda olaraq, yalnız dəmir və əhəng əlavələri ilə posa əsasında xammal qarışığının tərkibini tənzimləmək lazımdır (*Гончаров Ю., 2018*).

Xammal komponenti (gilli) kimi əlvan metallurgiya posasından istifadə etmək daha məqsədəuyğundur. Əsas komponentlərlə - CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> və Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ilə yanaşı, onların tərkibində ərinti elementləri olan Zn, Cu, Ni, Co, Ti, Mg, F, Cr, B və s. mineral reaksiyaları gücləndirməyə imkan verir. Həm bərk, həm də maye fazalarda formalaşma gedir, klinker minerallarının incə strukturu yaxşılaşır. Əlavə elementlərin iştirakı ilə, bir qayda olaraq, bərk fazalı reaksiyalar katalizlənilir və aralıq birləşmələrin əmələ gəlməsi müşahidə olunur: 2C<sub>2</sub>S-CaCO<sub>3</sub>- spurrit, C<sub>2</sub>S-CaF<sub>2</sub>, 3CA-CaSO<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>S-CaCl<sub>2</sub>, 2C<sub>2</sub>S-CaSO<sub>4</sub> və s. Aralıq birləşmələrin əmələ gəlməsi SiO<sub>2</sub> və CaCO<sub>3</sub> arasında qarşılıqlı təsirin temperaturunu 40-80°S azaldır. Klinkerin maye fazalı sinterləmə sürəti əsasən klinkerin əmələ gəlməsi sürətini müəyyən edir. Bərk fazalı sinterləmə mərhələsində ərimənin görünüşü ilə əmələ gələn aşağı əsaslı klinker mineralları (C<sub>2</sub>F, C<sub>2</sub>S, CF, CA, C<sub>2</sub>AS) sonradan əhəmiyyətli dəyişikliklərə məruz qalır, ərimə vasitəsilə kalsium oksidini mənimsəyir və yüksək əsaslı, daha aktiv hala gəlir. Bu çevrilmələrin sürəti əsasən ərintinin xassələri və Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup> və s. ionlarının əriməsi vasitəsilə diffuziya sürəti ilə müəyyən edilir. Diffuziya sürəti ərintinin özlülüyündən asılıdır. Beləki, özlülüynün azalması, diffuziya sürətini artırır. Ərintinin özlülüynü onun kimyəvi tərkibindən asılıdır. Ərimədə qələvi və qələvi torpaq elementlərinin tərkibindəki dəyişiklik ərintinin özlülüynün dəyişməsinə səbəb olur. Ərintinin özlülüynün dəyişməsinə təsirin intensivliyinə görə elementlər aşağıdakı ardıcılıqla düzülür: Mg<Ca<Sr<Ba<Na<K (*Каплан А., 2021*).

Mikroelementlər ərintinin səthi gərginliyinə də təsir edir və 0,1 M (mol) qatqı konsentrasiyasında səthi gərginlik Mg→Sr→Ba →Na → K sırasında azalır. Ərintinin səthi gərginliyinin böyüklüyü klinkerin qranulometrik tərkibinə də təsir göstərir. Aşağıdakı kimyəvi tərkibi ilə xarakterizə olunan misəritmə posasının istifadəsi xüsusi maraq doğurur, %; SiO<sub>2</sub>-33,8-36,45; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-5,8-10,48; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- 2,32-2,92; FeO-32,55-35,45; CaO - 1,75-2,57; CuO-0,34-0,67; ZnO-0,59-1; PbO-0,07-0,46; digərləri 3-ə qədər.

Misin əridilməsindən alınan posa 0,25-2 mm ölçüdə (70%-ə qədər) hissəciklərdən ibarətdir ki, bunun nəticəsində onların ilkin xammal qarışığını hazırlamazdan əvvəl üyüdülməyə ehtiyac olmur. Mineraloji tərkibinə görə posa ferrosilikatların digər oksidlərinin qarışıqları ilə əriməsinin nəticəsidir. 85%-ə qədər alınan fayalitin tərkibi 90% -ə qədər  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ , maqnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) 5% -ə qədər, şüşə 10% -ə qədər, sulfidlər 5% -ə çatır. Mis, sink və qurğuşun posalarda metalların incə suspenziyası şəklində, həmçinin sulfidlər şəklində olur. Sulfidlərin ərimə nöqtəsi 1100-1193 ° S-dir ki, bu da klinkerdə maye fazanın formalaşma temperaturundan əhəmiyyətli dərəcədə aşağıdır. Buna görə də, sement xammalında misəritmə posasının olması ərimənin daha erkən yaranmasına kömək edir ki, bu da klinkerin əmələ gəlməsi prosesini gücləndirir.

Misəridici dənəvər posalar (DP) əsasən şüşəvari vəziyyətdə olur və kristal faza əsasən hematit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ;) və maqnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) arasında bərk məhlullar şəklində təmsil olunur. Tədqiqatçılar sement zavodunda xammal komponenti kimi 2,8-5%-li misəritmə posasının istifadəsi beşkomponentli xammal yükündən üçkomponentliyə keçirilməklə texnologiyayı xeyli sadələşdirməyə nail oldular. Qarışığın özlülüyü azaldı və lilin axıcılığı artdı ki, bu da son nəticədə onun nəmliyini 2-4% azaltmağa imkan verdi. Posanın əlavə edilməsi xammal qarışığının reaksiya qabiliyyətini artırdı: əhəngdaşının dekarbonizasiyası nəzarət qarışığına nisbətən 5-10°S tez başladı,  $\text{C}_2\text{S}$  ərimənin görünüşü ilə eyni vaxtda əmələ gəldi. Eksperimental xammal qarışığı ilə müqayisədə  $\text{C}_2\text{S}$  daha böyük kristal quruluşuna malik alındı. Təcrübə qarışığında maye faza nəzarət qarışığından 25-30°S tez əmələ gəldi. Beləki, eksperimental qarışıqda maye fazalı proseslər 990-1320°S-də əmələ gəldiyi halda, nəzarət qarışıqda maye faza 910-1350 °S-də müşahidə olunmuşdu. Təcrübəli qarışıqda mineralları kristallaşması qarışıq nəzarətdən daha incədir. Klinkerdə həmçinin 2,5-20mm ölçülü dənəciklərin sayı artdığı halda, ölçüsü 40mm və daha böyük hissəciklər 20-25% azalmışdır. Təcrübə klinkerində alümferritlərin miqdarı artmış və alüminatların miqdarı azalmış, klinkerin hidravlik aktivliyi nəzarətlə müqayisədə 5-10 MPa artmışdır. Klinkerin aktivliyinin artması alüminatların tərkibində azalma və bütün mineralları modifikasiyası nəticəsində alümferritlərin tərkibindəki artımın nəticəsidir. Metallurjiya posaları yalnız birbaşa xammal qarışığına daxil etməklə

yanaşı, həm də sobalara da əlavə edilir. Posa adətən sobanın isti ucluğundan daxil edilir. Bu hadisə sobanın məhsuldarlığını artırmağa və klinkeri yandırmaq üçün istilik istehlakını 10% azaltmağa imkan verir (*Барбанягрэ В., Коледаева Т., 2019*).

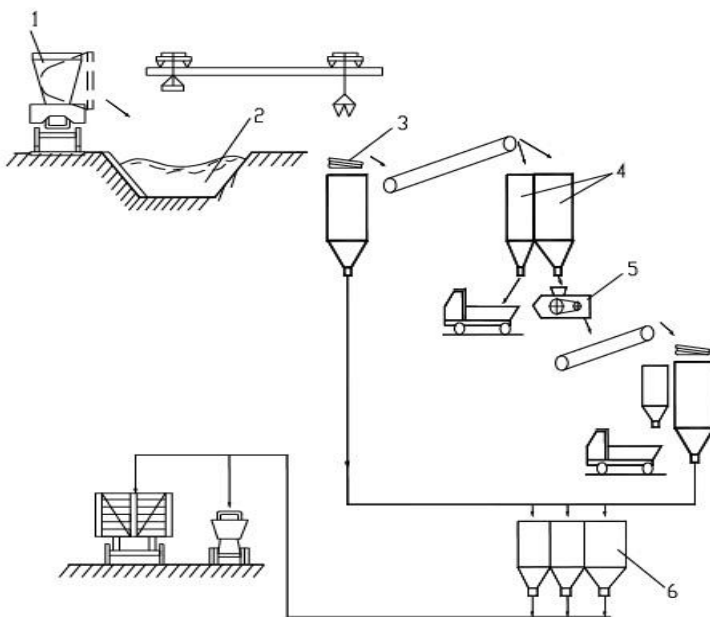
### 3.3. Posaların dənəvərləşdirilmə məhsulları

Metallurji posalardan tikinti sənayesində və yolların salınması işlərində çox istifadə edilən posa çinqil, posa pemza və dənəvər posa istehsalında da geniş istifadə edilir.

*Posa çinqil.* Bütün metallurjiya posaları, tərkibində 42% -dən çox CaO olan, parçalanmağa meyli yüksək əsaslı posalar istisna olmaqla, posa çinqillərini istehsalı üçün uygundur. Emal edilən metallurjiya posasının ümumi həcmi (təxminən 90 milyon ton) ilə müqayisədə istehsal olunan çinqil daşının miqdarı cüzdür. Eyni zamanda qeyd etmək lazımdır ki, ABŞ və Böyük Britaniyada domna posanın əsas hissəsindən çinqildaşı emal olunur.

Domna posasından çinqil əsasən çömçə qalıqlarının emalı yolu ilə alınır. Çömçə qalıqlarından alınan çinqil yol tikintisi üçün əla materialdır. Beton istehsalı üçün tökmə çinqil (TÇ) daha effektivdir, çünki onun istehsal texnologiyası daha çevikdir və lazımı tələblərə uyğun olaraq çinqilin xüsusiyyətlərini tənzimləməyə imkan verir. Tökmə posa çinqil yüksək dərəcəli ağır beton istehsalında istifadə edilə bilər. Onlar qiymətli qranit çinqil daşını tamamilə əvəz edə bilərlər.

Tökmə posa çinqil xəndək üsulu ilə istehsal olunur (şəkil 3.1). Xəndək üsulunun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, ərinmiş posalar xüsusi hazırlanmış xəndəklərə 10-40 sm qalınlığında laylarla tökülür, hər qat su ilə soyudulur. Bütün xəndək doldurulduqdan sonra posa kristal quruluşunu, fazalarını və möhkəmliyini yaratmaq üçün islanır. Kütlənin qeyri-bərabər soyuması səbəbindən çatlar yaranır. Çatlamanı artırmaq və ekskavatorla sonrakı emalı asanlaşdırmaq üçün posa təbii soyuduqdan sonra 900°S-yə qədər suvarılır. Xəndək texnologiyası neytral və turş posalardan yüksək keyfiyyətli tökmə çinqil istehsalını təmin edir (*Щукина Е., Бенгле Р., Архинчеева Н., 2021*). Tökmə çinqil istehsalı üçün xəndək üsulu kifayət qədər mükəmməl deyil.



Şək. 3.1. Xəndək üsulu ilə tökmə posa çınqılın istehsalı sxemi : 1- posadaşıyan çuxur, 2-posa ərintisi üçün xəndək, 3-qroxot, 4-bunker, 5- üyüdücü, 6-hazır məhsul üçün bunker.

Bundan əlavə, soyudulmuş posa kütləsini tökərkən sıx, yüksək möhkəmlikli çınqıl daşının

məhsuldarlığı 80% olur. Bu qurğunun həcmi böyükdür, xüsusən də səngərlər böyük əraziləri tutur.

*Qranullaşdırılmış posalar.* Ən böyük dərəcədə metallurgiya posa ərintiləri, xüsusən də qara metallurjiyadan domna posa ərintiləri, dənəvər posalara emal olunur. Bu formada onlardan istifadə etmək daha asandır. Demək olar ki, bütün növ posalar qranullaşdırıla bilər, lakin posadan Portland sementinin istehsalında aktiv mineral əlavə kimi istifadə edilməsi nəzərdə tutulursa, əsasi xassəyə malik olan posalara üstünlük verilməlidir. Turş posalar posa-pemza, mineral yun, tökmə məmulatlarının istehsalı və beton istehsalında aqreqat kimi istifadə üçün daha uyğundur. Posa ərintilərini qranullaşdırmaq üçün bir neçə üsul var: yaş (nov, hövzə), yarımquru (hidro-nov, baraban, su-təsirli), quru və soba.

*Hovuz üsulu* ilə yaş qranulyasiya adətən iki və ya daha çox hissədən, o cümlədən su ilə doldurulmuş dəmir-beton hovuzlardan ibarətdir. Hər bölmədə bir neçə ərimiş posa drenaj stansiyaları var. Hovuzlar suyun doldurulması və boşaldılması sistemi ilə təchiz edilmişdir. Qranulyasiya aşağıdakı kimi aparılır. Ərinti qəbuledicidən qıflar vasitəsilə su hovuzuna axıdılır. Boşaltma müddəti 1,5-10 dəqiqə olur. Suyu batırıldıqda, ərinti qranullaşır, kiçik dənəciklər əmələ gəlir və eyni zamanda şişirdilir. Qranulların məsaməliliyinə səbəb olan qaz fazası çoxkomponentlidir və posanın öz qazlarından və kükürdün su buxarı ilə qarşılıqlı təsiri məhsullarından, həmçinin havanın oksigeni və dəmir oksidlərindən əmələ gəlir. Qranulyasiya prosesinin sonunda



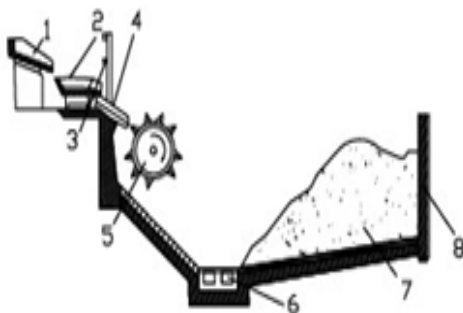
su hovuzlardan xüsusi çənlərə axıdılır. Qranullaşdırılmış posa qreyferli kran ilə susuzlaşdırma sahəsinə, oradan isə anbara boşaldılır. Qranullaşdırılmış posadan çıxarılan artıq su çökdürmə çənlərinə, onlardan isə qranulyasiya hövzələrinin su ilə doldurulması sisteminə daxil olur. Bu üsulla alınan dənəvər posa yüksək nəmliyə malikdir (15-35%), bu da onun sonrakı emalını çətinləşdirir və sement istehsalı zamanı əlavə qurutma tələb edir (*Шукина Е., Бенгле Р., Архинчеева Н., 2021*).

*Nov qranulyasiya üsulu* ilə posa 0,2-0,3 MPa təzyiq altında suyun verildiyi novlara tökülür. Ancaq bu vəziyyətdə də nəticədə yüksək suudma qabiliyyətinə malik yüngül posalar alınır. Hal-hazırda dənəvər posanın təxminən 13%-i yaş üsulla, o cümlədən 2,5%-i nov üsulu ilə istehsal olunur. Posanın yüksək rütubətliyinə görə onun qurudulması üçün əlavə xərclər tələb olunur, bundan əlavə belə posa qışda donur, bu da onun daşınmasını, yüklənməsini və boşaldılmasını çətinləşdirir.

Bundan əlavə, metal posalarla birlikdə hovuzda daxil olanda partlayışların olması mümkündür.

*Yarımquru qranulyasiya üsulu* ilə hazırda bütün dənəvər posaların dördü üç hissəsi istehsal edilir. Doğranılma fırlanan barabanın pərləri ilə həyata keçirilir (şəkil 3.2). Posa nov vasitəsilə qəbuledici vannaya axıdılır, istiqamətləndirici nova tökülən posa ərintisinin üzərinə təzyiq altında su vurulur. Burada soyuyan və qismət dağılan posa barabana tökülür. Baraban 230-250 dövr/dəq. sürətlə fırlanır, daxilindəki pərlər posanı xırda hissələrə parçalayır və müxtəlif istiqamətlərdə barabandan 10-25m məsafəyə tullayır. Nəticədə soyumuş və sudan azad olmuş posa dənələri quru halda toplanır. Əməliyyatın sonunda qreyferli kranla isti və quru material toplanır. Belə posanın nəmliyi 4-10%, səpici sıxlığı  $1000 \text{ kq/m}^3$  olur (*Горшков В., 2018*).

*Posa pemza.* Posa pemza, metallurjiya və kimya sənayesində məsaməli ərinmiş



Şəkil 3.2. Posanın barabanla dənəvərləşdirilməsi qurğusunun sxemi:

- 1-posa ərintisini istiqamətləndirən nov,
- 2-qəbuledici vanna,
- 3-suyun verilməsi üçün qurğu,
- 4-aşağı dənəvərləşdirici nov,
- 5- baraban, 6-artıq suyun axıdılması üçün arx,
- 7-dənəvərləşmiş posa anbarı, 8-qoruyucu divar.

posadan əldə edilən süni məsaməli çınqıl və quma verilən addır. Posa pemza istehsalı üçün maye metallurjiya posası, əsasən də domna posası uyğundur. Pemza üçün yaralı posa parçalanmaya meyilli olmayan, temperaturu 1250°S-dən aşağı, özlülüyü 5 Pas·san çox olmayan və kristallaşma temperaturu 1100°S-dən aşağı olmayan posalar sayılır. Posadakı komponentlərin tərkibi aşağıdakı tələblərə cavab verməlidir, %-lə: SiO<sub>2</sub> 35-dən az olmamalıdır; CaO 45-dən çox olmamaqla; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-8-18; MgO+ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3-dən çox olmayaraq; MnO-6-20. Posa pemzanın keyfiyyət xüsusiyyətləri posa ərintilərinin şişmək qabiliyyətindən asılıdır. Şişkinlik həm posa ərintisində müəyyən bir anda əmələ gələn qaz fazasının kəmiyyəti və xassələri, həm də onun qazudma qabiliyyəti ilə müəyyən edilir.

Əvvəllər qeyd olunurdu ki, məsaməlilik anında posa əriməsindən ayrılan qaz fazası tərkibcə çoxkomponentlidir və bir neçə əmələ gəlmə mənbəyinə malikdir: ərimədə həll olunan qazlar; posada olan kükürd; emal suyu və s. 1 m<sup>3</sup> ərinmiş posada 1 m<sup>2</sup>-ə qədər qaz olur. Əsasi posalarda isə 100 q ərimə üçün daha çox 1100-1600 sm<sup>3</sup> qaz olur (*Рыщенко М., Федоренко Е., 2018*).

Ərintinin tərkibindəki sulfidlərdəki kükürdün hesabına qaz əmələ gəlməsi aşağıdakı reaksiyaların nəticəsidir:



1000 °S-dən yuxarı temperaturda hydrogen-sulfid yanır:



1 m<sup>3</sup> ərinmiş posada olan kükürdün yalnız 1% -ni qaz halına çevirdikdə, 1200°S temperaturda və atmosfer təzyiqində qazın həcmi 34 m<sup>2</sup> və ya 100 q ərimə üçün təxminən 1500 sm<sup>3</sup> olacaqdır. Həll olmuş qazların buraxılması ərimənin qazlarla həddindən artıq doyması nəticəsində başlayır. Ərinmənin qazla doyması nə qədər yüksək olarsa, onun şişmə potensialı bir o qədər yüksək olar, lakin real şəraitdə bu proses qazın müstəqil fazaya buraxılma sürətinin yaradılmış nisbətindən və qazudma qabiliyyətinin artım sürətindən asılıdır. Posanın keyfiyyəti onda olan məsaməliliklə qiymətlənilir, çünki onun möhkəmliyi, şaxtayadavamlılığı, istilikkeçiriciliyi, istiyədavamlılığı və s. xassələri məhz məsaməlilikdən asılıdır. Posanın məsaməliliyi bu formulla təyin edilir:

$$P_m = (1 - p_t / p_p) M, \quad (3)$$

burada,  $M$ -posanın məsaməliliyi, %;  $p_t$ -tikələrdə pemzanın sıxlığı,  $q/sm^3$ ;  $p_p$ -sərf olunan posanın sıxlığı,  $q/sm^3$ . Posanın tikələrdəki sıxlığı ilə səpilmə sıxlığı arasındakı asılılıq aşağıdakı düstürlə ifadə olunur:

$$P_t = K / P_s \quad (4)$$

burada,  $K$ -sabittdir, adətən, ədədi qiyməti 1,6-2,5 olur;  $P_s$  –pemzanın səpilən sıxlığıdır.

Posa pemza istehsalı dörd növ qurğuda həyata keçirilir: sprej-xəndək, hovuz, su ilə üfürülən və hidroekran. Yüngül beton aqreqat kimi posa pemzanın keyfiyyətini müəyyən edən əsas göstəricilər səpilmə sıxlığı, möhkəmliyi, dənələrarası boşluqların həcmi, istilik keçiriciliyi, şaxtaya davamlılıq və xassələrin eynicinsliyidir. Sənayedə istehsal olunan posa pemzanın göstəriciləri adətən aşağıdakı hədlər daxilində olur: səpilmə sıxlığı 600-800  $kq/m^2$ ; silindrə sıxılmaya möhkəmlik 0,75-1,25 MPa; qranullararası boşluqların həcmi 48-55%; bir parçada istilik keçiriciliyi 0,24-0,36  $Vt/(m \cdot K)$ ; səpilmədə istilik keçiriciliyi 0,18-0,28  $Vt/(m \cdot K)$ , ən azı 15 dövrün şaxtaya davamlılığı; möhkəmliyin dəyişmə əmsalı 10-15%; səpilmə sıxlığının dəyişmə əmsalı 4-8%. Posa pemzasının xassələri aşağıdakı amillər kompleksi ilə müəyyən edilir, məsələn: mineraloji tərkibi, kristal və şüşə fazalar arasındakı nisbət, məsaməli-kristal quruluşunun təbiəti. Posa pemzasının keyfiyyətini və hər şeydən əvvəl eynicinsliyini yaxşılaşdırmaq üçün materialın fırlanan metal tamburda yuvarlanmasından ibarət olan təmizləyici üsuldən istifadə etmək tövsiyə olunur (*Тусылбаев Д., 2017*).

Çıncıl kimi posa pemza texnologiyasında da baraban variantı işlənib hazırlanmış və tətbiq edilmişdir. İstehsal fırlanan barabanda aparılır, onun içinə yükləmə ucundan davamlı olaraq ərimiş posa tökülür və su verilir. Ərinmənin genişlənməsi prosesi barabanda baş verir, onu fərdi hissəciklərə bölür və sonuncunu dənəvərləşməyə yönləndirir.

### **3.4. Metallurji posaların tətbiqi ilə yeni xassəli beton istehsalı**

Metallurgiya posalarından alınmış çıncıl əsasında yeni növ betonlar istehsal edilir.

Metallurgiya posaları əsasında və ya onların qismən istifadəsi ilə aşağıdakı beton növləri istehsal edilə bilər:

- posa çınqıllı adi ağır beton;
- sıx posa doldurucusu olan incədənəvərli beton;
- posa pemza dolduruculu yüngül beton;
- dənəvərləşdirilmiş posa dolduruculu yüngül beton;
- metallurgiya posalarına əsaslanan yapışdırıcı və ya doldurucu ilə arakəsməli beton.

Doldurucu kimi istifadə edilən təbii daş materiallarla müqayisədə metallurgiya posalarının daha aşağı qiymətini, həmçinin ənənəvi Portlandsementi ilə müqayisədə metallurgiya posalarına əsaslanan yapışdırıcıların daha aşağı qiymətini nəzərə alaraq, metallurgiya posalarından istifadə edərkən betonun maya dəyərini həmişə azaltmaq mümkündür (*Волженский А., 2021*).

*Ağır beton.* Beton istehsalında xırdalanmış posa daşından istifadə edərkən onun xırdalanma qabiliyyətini (silindrde sıxılma ilə müəyyən edilən möhkəmlik), səpilmə sıxlığını və şaxtaya davamlılığını nəzərə almaq lazımdır. Bir çox göstəricilərinə görə tökmə posa təbii materiallardan geri qalmır. Bundan əlavə, metallurgiya posaları yüksək özlülüyə malikdir ki, bu da ondan təkə adi ağır betonda deyil, həm də dinamik yüklərə məruz qalan yol konstruksiyaları üçün beton istehsalında da istifadə etməyə imkan verir.

Çınqıl daşının sınaqdan keçirilməsi üçün mövcud üsullar onun beton istehsalı ilə bağlı keyfiyyət xüsusiyyətlərini tam əks etdirmir. Bu, çınqıl daşının səthinin xarakterini, məsaməliliyini, quruluş-struktur xüsusiyyətlərini və sementdaşına yapışma gücünü nəzərə almır. Posa çınqıl yüksək kələ-kötürlüyə malik, kobud, məsaməli və təmiz səthə malikdir. Məhlul posa səthinin qeyri-bərabərliyini sıx şəkildə doldurur və onun maye fazası 0,1-0,3 mm dərinliyə qədər çınqıl daşın məsamələrinə nüfuz edir. Posalı çınqılda betonda təmas zonasının mikrosərtliyi 2,5 dəfə, bitişik təbəqələrdəki sement daşınunki isə qranit çınqıllı betondan 25-35% yüksəkdir. Nəticədə, xırdalanmış posa daşının betonun məhlul hissəsinə yapışma gücü qranitdən 25-40% yüksək olur. Yüksək dərəcəli betonda yapışqan gücü yalnız möhkəmliyə deyil, həm də şaxtaya

davamlılığa, suydavamlılığa və elastik modula təsir göstərir. Müəyyən edilmişdir ki, posa çınqıl üzərində təzə qəliblənmiş qarışıqların əsas mexaniki xüsusiyyətləri qranit çınqıldan 30-70% yüksəkdir (*Джаббарова Н., Алиев К., 2019*).

Müəyyən edilmişdir ki, digər doldurucularla müqayisədə posa materialları sement daşı ilə qarşılıqlı əlaqədə olduqda ən böyük aktivliyə malikdir və onların istifadəsi ilə beton digər çınqıl növləri ilə müqayisədə daha yüksək möhkəmliyə malik olur (*Федынин Н., 2021*).

Fiziki, mexaniki və deformasiya xüsusiyyətlərinə görə tökmə çınqıl üzərində beton qranit, bazalt və əhəngdaşı çınqılları ilə olan betondan geri qalmır və möhkəmliyinə, çatlara davamlılığına və istilik keçiriciliyinə görə hətta onu üstələyir. Ədəbiyyat məlumatlarından məlum olmuşdur ki, tökmə çınqıldan hazırlanmış konstruksiyalar betonun sıxılma gücünə görə, qranit çınqıldan 21-22% daha yüksək olmuşdur. Posa çınqıldan istifadə ilə beton istehsal olunduqda qarışığa əlavə olunan əhəngdaşına 15% qənaət olunur .

Sobaətrafi qalıqlardan alınmış posalardan istifadə etməklə yol və səki plitələri, yan daşlar, bünövrə blokları, düz plitə və lentlər, divar panelləri, döşəmə plitələri də istehsal olunur.

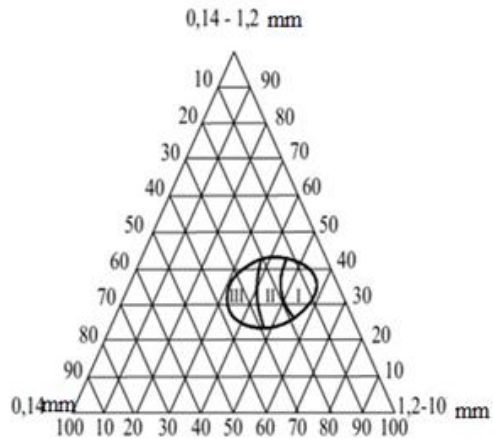
*İncə dənəvərli beton.* Tərkibində çınqıl olmayan incə dənəvərli beton nazik divarlı dəmir-beton konstruksiyaların istehsalı üçün istifadə olunur. Bundan əlavə, çınqıl və çınqıl-qum qarışığı olmayan ərazilərdə adi beton və dəmir-beton konstruksiyaların istehsalı üçün də istifadə edilə bilər (*Хруначева И., 2020*).

İncə dənəvərli betonun (İDB) xüsusiyyətləri adi betonla eyni amillərlə müəyyən edilir. Bununla birlikdə, adi betondan fərqli olaraq, daha çox homogenlik və incə dənəvərlik, yüksək miqdarda sement daşının olması, sərt daş quruluşunun olmaması, yüksək məsaməlik və bərk fazanın xüsusi səthi ilə xarakterizə olunur. Qum əsasında hazırlanmış betonda narın qumun istifadəsi beton qarışığının yaxşı qarışması üçün suyun sərfinin artmasını tələb edir və betonun möhkəmliyini aşağı salır. Adi betonda iri qum dənələrinin narın dənələrlə əvəz olunması möhkəmliyi 5-10%, İDB-də isə 25-30% aşağı salır. Həmçinin təbii qum əsasında hazırlanmış İDB konstruksiyalarında çatışmayan cəhət məsaməliliyin, səthi axmanın yüksəkliyi ilə müəyyən olunur. Bu

səbəbdən inkişaf etmiş metallurgiya sənayesinə malik olan regionlarda betonların, həmçinin İDB-nin istehsalında metallurgiya posalarının istifadəsi yüksək keyfiyyətin əldə olunması ilə nəticələnə bilər.

Orta sıxlığı  $1800-2300 \text{ kq/m}^3$  olan posa beton  $30-100 \text{ MPa}$  sıxılmaya davam gətirə bilər. İncə dənəvərli posa beton (İDPB) adi qum beton ilə müqayisədə bir sıra üstünlüklərə malikdir: yüksək möhkəmlik, kiçik büzülmə və sürüşmə qabiliyyəti, yüksək şaxtayadavamlılıq və suyadavamlılıq, aqressiv mühitlərdə korroziyaya davamlılıq, aşınma qarşı müqavimət,  $700^\circ \text{ S}$ -ə qədər qızdırıldığında istiyədavamlılıq (Романова И., Бегунов О., 2019), (Ровнушкин В., Спириг Е., Шеховцов В., 2020)

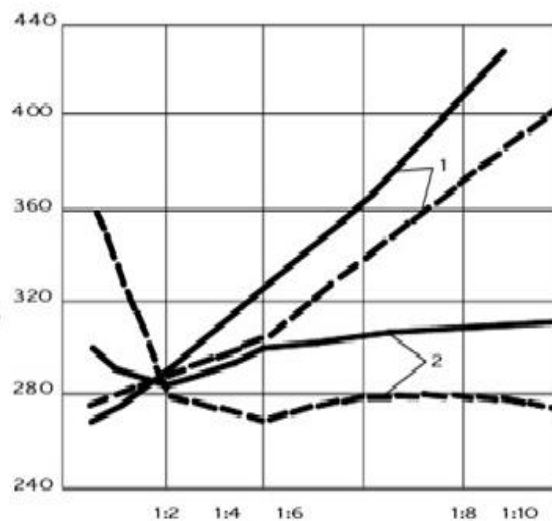
İDPB həm ağır, həm də yüngül istehsal oluna bilər. Doldurucu kimi dənəvərləşdirilmiş metallurgiya posaları, eləcə də posa çınqıl və pemza istehsalının xırdalanmış qalıqları istifadə olunur. Metallurgiya posalarını çınqillara xırdaladıqdan sonra alınan çınqıllar lazımi ölçülərə yaxın zərrəcik olduğu üçün bir qayda olaraq, əlavə əməliyyat tələb etmir. Onun əsasında 600 və 1000 markalı posa beton istehsal etmək mümkündür. Bu halda, beton qarışığında sement və doldurucu arasındakı nisbət 1: 3-dən 1: 2-ə qədər dəyişir. 300-600 markaya malik İDBP almaq lazımdırsa, beton qarışığında sement və doldurucu nisbətini 1:6-dan 1: 3 nisbətinə qədər dəyişir. İncə dənəvərli İDBP-nin möhkəm quruluşunu təmin etmək üçün, tullantı posalarından doldurucunun tərkibinə şəkil 3.3-ə uyğun olaraq tələb olunana qədər  $0,14 \text{ mm}$ -dən az olan xırdalanmış posa daxil etmək lazım gəlir. Betonun tələb olunan möhkəmliyindən asılı olaraq, doldurucu optimal zərrəcik tərkibi seçilir. Sementdən istifadənin artması ilə betonun möhkəmliyi yüksəlir. Doldurucunun qranulometrik tərkibi optimaldan kənara çıxdıqda, betonun şaxtaya davamlılığı azalır, onun deformasiya qabiliyyəti və davamlılığı da pisləşir. Sement-posa qarışığı sement-qum qarışığından doldurucuların formasının və səthinin xüsusiyyətlərinə görə fərqlənir, buna görə də eyni zərrəcik tərkibli doldurucular üzərində eynibərabər hərəkətliliyə malik beton qarışıqları əldə etmək üçün su sərfi fərqli olmalıdır. Sement-qum qarışıqları üçün müəyyən olunmuşdur ki, onların texniki özlülüyü əsasən sement : doldurucu nisbətindən (S:D) və suyun miqdarından asılıdır. Suyun miqdarı müəyyən dərəcədə doldurucunun keyfiyyətini xarakterizə edir. Amma sement-qum qarışıqlarının istehsalında su sərfi



Şəkil 3.3. Sement:posa nisbətindən asılı olaraq incədənəvərli beton üçün posanın optimal qranulometrik tərkibi.

- I-S:P 1:2-dən 1:3-ə qədər;
- II S:P 1:3-dən 1:5-ə qədər;
- III-S:P 1:5-dən 1:6-ya qədər

əhəmiyyətli dərəcədə S:D nisbətindən asılıdır, sement sərfiyatının artması ilə artır. Optimal qarışıqlar S:D = 1:2 - 1:3 tərkibli qarışıqlardır, çünki minimum su sərfiyatına malikdir və minimal boşluqlar, yüksək sıxlıq və möhkəmlik ilə beton əldə etməyə imkan verir. Göstərilən qanunauyğunluqlar şəkil 3.4-də öz əksini S:D = 1:2 - 1:3 nisbətində götürüldükdə qarışığa sementin miqdarına nəzərən 0.15-0.2 % plastifikator əlavələrin daxil edilməsi qarışıqda istifadə olan suyun miqdarını 15-20 % azaldır ki, bu da lazım olan möhkəmliyə malik beton əldə etmək üçün sementin sərfini də eyni zamanda azaldır.



Şəkil 3.4. Eyni mütəhərrikiyə malik sement:posa qarışığının suya tələbatının onların tərkibindən asılılığı. 1-su-sembt münasibəti; 2- suya tələbat (səmt-qum qarışıqları üçün)

Bu tip qarışıqlar hazırlanarkən məhlulqarışdırıcı qurğulardan istifadə etməklə qarışıq və onun komponentləri intensiv qarışdırılmalıdır. Posabeton qarışığının hazırlanmasında plastifikator əlavələrindən istifadə edildikdə qarışdırıcı qurğuların

tətbiqi ilə həтта S:P = 1:3 – 1:4 olduqda belə yüksəkmöhkəmliyə malik material almaq mümkündür (Федьинин Н., 2021) .

*Yüngül beton.* Yüngül beton istehsalı üçün metallurjiya posalarına əsaslanan doldurucuların əsas növü posa pemzadır. Yüngül beton üçün doldurucu kimi istifadə həcmində görə posa pemza keramzit və perlitdən sonra üçüncü yeri tutur. Digər doldurucularla müqayisədə, posa pemza daha aşağı istilik keçiriciliyi əmsalı, qələvi mühitdə yüksəkdavamlılıq və şaxtayadavamlılıq ilə xarakterizə olunur. Keramzitle müqayisədə posa pemzanın istehsalına daha az xərc çəkilir. Keramzit və posalı pemza istehsalının müqayisəli texniki-iqtisadi göstəriciləri cədvəldə verilmişdir (cədvəl 3.1).

Cədvəl 3.1.

Keramzit və posa pemza istehsalının texniki-iqtisadi göstəriciləri

Göstəricilər	Keramzit	Posa pemza
MDB üzrə 2020-ci il üçün istehsal həcmi, mln.m <sup>3</sup>	29,8	2
Orta səpilmə sıxlığı, kq/m <sup>3</sup>	516	756
Silindrədə sıxılmaya davamlılıq, MPa	2,3	0,7
Xammalın sərfi, m <sup>3</sup> / m <sup>3</sup>	0,6	0,8
Elektrik enerjisi sərfi, kVt·saat/m <sup>3</sup>	23,3	5,6
İ işçi üçün istehsal həcmi, min m <sup>3</sup> ildə	1,2	5,4

Yüngül beton istehsalında posa pemza istifadə edərkən nəzərə alınan əsas göstəricilər bunlardır: möhkəmlik, orta sıxlıq, zərrəciklərin ölçüsü və forması, dənəvər boşluqlar, nəmlik və suudma qabiliyyəti, faza tərkibi. Yüngül betonun istehsalı üçün böyük əhəmiyyət kəsb edən xüsusiyyətlərdən biri də posa pemzasının fraksiya tərkibi, zərrəciklərin forması və səthindəki açıq məsamələrin həcmindən asılı olan zərrəciklər arasındakı boşluqlardır. Zərrəciklərin ən yığcam qarışdırılması, doldurucuda 10-20 mm fraksiyadan 60-70% və 5-10 mm fraksiyadan 30-40% olduqda əldə edilir. Doldurucunun optimal zərrəcik tərkibi ilə interdənəvərləşmiş boşluqların həcmi 40-45% -dən çox olmamalıdır.

Pemzanın rütubəti və suudma qabiliyyəti onun sement daşına yapışmasına böyük təsir göstərir, ona görə də onlar müəyyən həddi keçməməlidir. Yüksəkdavamlı yüngül betonlardan hazırlanmış konstruksiyaların davamlılığını təmin etmək üçün tərkibindəki armaturu korroziyadan qorumaq lazımdır. Bunun üçün pemzanın daxilində sudahəllolan hidrosulfat və sulfatlı birləşmələrin SO<sub>3</sub>-ə nəzərən miqdarı 1%-



dən yüksək olmamalıdır. Bununla yanaşı bu konstruksiyalarda 15 dəfə donma və erimədən sonra kütlə itkisi 5-10%-i ötməməli və yumşalma əmsalı 0.7 – dən böyük olmamalıdır (*Сорокин Ю., Демин В., 2020*), (*Турчанов В., 2019*).

Tikintidə aktual vəzifə yüngül betondan tikilmiş konstruksiyaların istehsalının inkişafının yüksəldilməsidir. Ağır betonun yüngül betonla əvəz edilməsi binaların çəkisinin 1,6 dəfə azalmasına, armatur polad sərfinin 16%, sementin sərfini 12%, betonun sərfini isə 17%, binaların mayadəyərinin 18% azalmasına səbəb olur. Həmçinin onların tikintisinin intensivliyi 30% artmaqla əmək xərclərinə 12% qənaət olunur.

### **3.5. Keramika məmulatları istehsalında metallurji posaların tətbiqi**

Ətraf mühiti metallurgiya tullantılarından təmizləmək və təbii xammallara qənaət məqsədilə metallurgiya posalarının keramika kütlələrinin istehsalında istifadəsi araşdırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, adi və üzlük keramikaların alınması üçün metallurgiya posalardan istifadə iqtisadi cəhətdən çox əlverişlidir. Tikinti materiallarının istehsalı üçün xammal kimi metallurgiya posalarından istifadə xammala qənaət etməyə imkan verir və eyni zamanda sənaye tullantılarının kommersiya baxımından sərfəli şəkildə utilizasiyasını təmin edir (*Смирнов Л., Грабеклис А., 2019*).

Sənayedə əsasən müxtəlif üsullarla çuqun və polad istehsalı zamanı əmələ gələn iri tonnajlı tullantılar olan QMP-dan istifadə edilir. Marten və oksigen-konverter üsulları ilə polad istehsalı zamanı alınan posalardan inşaat keramikası istehsalında tətbiqi araşdırılmışdır. Ədəbiyyat araşdırmaları göstərir ki, bu cür posaların yaxşı öyrənilməsinə baxmayaraq, onların tikinti keramika texnologiyasında istifadəsi üçün çox az tövsiyələr var. Konverter və marten posaları yüksəkəsaslı posalara aiddir. Onların tərkibində təxminən 8 və 4,25 % metallik dəmir, az miqdarda kükürd və fosfor vardır (cədvəl 3.2) (*Анашкин Н., 2018*), (*Иванов А., Евтушенко Е., 2019*).

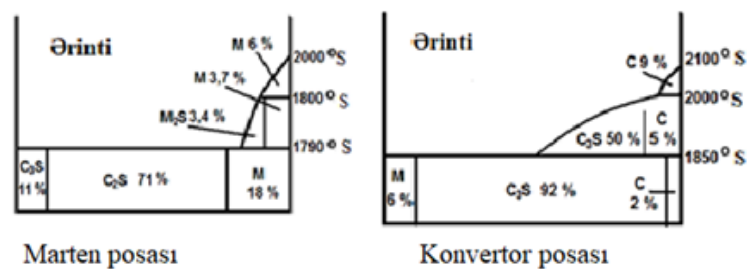
Cədvəl 3.2

Tədqiq olunan posaların kimyəvi tərkibi

Posanın növü	Oksidlərin miqdarı, kütləyə nəzərən %-lə										
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe(met)	MnO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S
Konverter poladəritmə	17,01	0,88	49,31	4,55	8,21	9,24	8,0	2,2	0,1	0,4	0,1
Marten poladəritmə	19,18	3,66	36,72	11,92	8,12	13,36	4,25	4,25	0,31	0,17	0,57

Cədvəl 3.2-dəki məlumatların təhlili göstərir ki, tədqiq olunan posaların kimyəvi tərkibi keramika istehsalı texnologiyasında istifadə olunan xammala yaxındır, çünki onların əksəriyyətinin ümumi tərkibi SiO<sub>2</sub>, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Fe<sub>x</sub>O<sub>y</sub> oksidləri ilə təmsil olunur. Bu posaların əsas xüsusiyyəti onların yüksək CaO tərkibli olmasıdır.

Tədqiq olunan nümunələrin faza tərkibinin nəzəri hesablamaları üçün əsas faza əmələgətirən oksidlərin-CaO-Si<sub>2</sub>O-MgO üçkomponentli sistemdə ərimə diaqrammasından istifadə olunmuşdur. (şəkil 3.5).



Şək. 3.5. Müxtəlif sobalarda əritmədən alınmış posaların ərimə diaqramları

*Şərti işarələr:*

S-Si<sub>2</sub>O

CS-CaO·SiO<sub>2</sub>

C<sub>3</sub>S-3CaO·SiO<sub>2</sub>

F-FeO

C<sub>2</sub>S-2CaO·SiO<sub>2</sub>

C<sub>3</sub>S<sub>2</sub>-3CaO·2SiO<sub>2</sub>

C-CaO

C<sub>2</sub>MS<sub>2</sub>-2CaO·MgO·2SiO<sub>2</sub>

C<sub>3</sub>MS<sub>2</sub>-3CaO·MgO·2SiO<sub>2</sub>

M-MgO

C<sub>2</sub>AS-2CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·SiO<sub>2</sub>

KAS<sub>6</sub>-K<sub>2</sub>O·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·6SiO<sub>2</sub>

M<sub>2</sub>S-2MgO·SiO<sub>2</sub>

Ərimə diaqramından görüldüyü kimi nəzəri olaraq bu posalar ərintinin təxminən 50%-ni təşkil edə bilər. Bununla belə, qeyd etmək lazımdır ki, posanın əridiyi temperatur (1750°C-dən çox) üzlük keramikanın istehsal olunduğu temperaturdan çox yüksəkdir. Buradan belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, poladəritmə posaları yüksək ərimə

temperaturuna malikdirlər. Ərimə diaqramı həmçinin, posaların faza tərkibi haqqında mülahizə söyləməyə imkan verir. Göründüyü kimi, marten posaları kalsium-silikat, maqnezium-silikat və magnezium oksid, konverter posaları kalsium-silikat və magnezium-oksidlə təqdim olunur. Posaların faza tərkibinin eksperimental tədqiqinin nəticələrini cədvəl 3.3-də verilmişdir.

Cədvəl 3.3

Tədqiq olunan posaların əsas kristallik fazaları

Posa	Posanın faza tərkibi	
	Nəzəri	RFA-nin nəticələri
Konverter poladəritmə	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , MgO	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , FeO, $\text{SiO}_2$ , $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , $\text{Fe}_{\text{met}}$ .
Marten poladəritmə	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , MgO, CaO	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , $3\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$ , FeO, $\text{Fe}_{\text{met}}$

Götürülmüş posaların rentgen-faza analizi (RFA) göstərir ki, tədqiq olunan posalar faza tərkibinə görə onların kristallaşma məhsullarına nəzərən çox fərqlənir. Belə ki, poladəritmə posalarına CaO-Si<sub>2</sub>O binar sisteminin çoxsaylı və müxtəlif kristallik fazaları xarakterikdir. Tikinti keramikasının istehsal texnologiyasında belə fazalar keramika kütləsinə yapışdırıcı əlavələr kimi istifadə olunur. Bu əlavələr kütlənin digər komponentləri ilə yandırıldıqda aşağı temperaturda əriyən birləşmələr əmələ gətirir. Qeyd etmək lazımdır ki, poladəritmə posalarında C<sub>2</sub>S fazasının olması keramika məmulatlarının mexaniki möhkəmliyinə mənfi təsir göstərə bilər, çünki β-C<sub>2</sub>S → γ-C<sub>2</sub>S modifikasiya keçidi materialın özünün zədələnməsinə səbəb ola bilər (Буравчук Н., 2019). Poladəritmə posalarının əhəmiyyətli dərəcədə nəzərə çarpan çatışmazlıqlarından biri də onların tərkibində müəyyən miqdarda metallik dəmirin olmasıdır ki, bu da ərimənin daha yüksək temperaturda aparılmasına səbəb olur.

Bütün posalar üçün ümumi cəhət odur ki, onların tərkibində SiO<sub>2</sub>-in çox miqdarda olmasıdır. Lakin buna baxmayaraq onların tərkibində sərbəst kvarts (40%-ə qədər) çox azdır.

İlk əvvəl posaların xırdalanması aparılır. Poladəritmə posalarının tərkibində müəyyən qədər metallik dəmir olduğu üçün onun xırdalanması daha çox vaxt aparır. Bunun qarşısını almaq üçün posalar xırdalanmadan əvvəl maqnit separasiyasına

uğradılır. Metallik dəmirin posa kütləsindən kənarlaşdırılması həmçinin alınacaq hazır keramika məhsulunda defektlərin olmasının qarşısını da alacaqdır. Məqsədyönlüdür ki, iri fraksiyalar əvvəlcədən konusvari və ya yanaqlı xırdalayıcılarda xırdalansın.

Yüksək keyfiyyətli keramika məhsulu almaq üçün kimyəvi tərkibi cədvəl 3.4-də verilmiş gildən istifadə edilməsi əlverişlidir.

Cədvəl 3.4

#### Gilin kimyəvi tərkibi

Komponentlərin kütlə payı, %-lə								
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	digər
61,28	17,14	6,27	3,54	2,17	0,33	1,78	0,06	7,49

Bu gil tərkibində yüksək miqdarda Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> saxlayır və orta plastikliyə malik xammaldır. RFA məlumatlarına və petroqrafik analizə əsasən nümunənin gilli hissəsi hidroslüda-kaolinitdir. Tərkibdəki hidroslüda xlorit və kaolinitlə təmsil olunur. Tədqiq olunan süxurun qumlu hissəsində kvars, kalsit və çöl spatları müəyyən edilmişdir. Gilin mineral tərkibi cədvəl 3.5-də verilmişdir.

Cədvəl 3.5

#### Gilin mineral tərkibi

Maddə	Miqdarı, kütləyə nəzərən %-lə
Dəmir oksidləri və hidrokksidləri olan gil maddəsi (hidroslüda, kaolinit, xlorit)	43-48
Slüda (muskovit)	3-5
Kvars	35-40
Kalsit	8-13
Çöl spatları (anortit və mikroklin)	2-3
Sirkon, rutil, turmalin	2-3

Tədqiqat üçün xammalın hazırlanması giln №1-li ələkdən, posanın isə №05-li ələkdən tam keçənə qədər onların üyüdülməsindən ibarətdir. Xammal komponentlərinin hər birinin rolunu və onların kəmiyyətinin keramika məmulatlarının xassələrinə təsirini müəyyən etmək üçün həm gildən və posadan ayrıca, həm də onların müxtəlif kombinasiyalarda qarışığından alınan nümunələrin istismar xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir. Posanın növü və miqdarının (ümumi kütlənin 10 –50%-i), həmçinin yanma temperaturunun (1000–1100°S) keramika nümunələrinin əsas xassələrinə təsiri üç paralel sınaq əsasında qiymətləndirilmişdir. Alınan nəticələrdən məlum olmuşdur

ki, 20% konverter və marten posalarının tətbiqi ilə 1030-1050<sup>0</sup>S-də yandırılmaqla saxtadayavamlı üzlük keramika materialları almaq olar (*Валуев Д., Гизатулин Р., 2020*), (*Веселовский А., Лайхан С., 2019*).

Konverter poladəritmə posalarından istifadə edərək adi kərpic istehsal etmək üçün bu parametrlər müvafiq olaraq 1000÷1030 °S və 20÷25% olmalıdır. Gilə marten poladəritmə posasını əlavə etməklə onun keramika kütləsindəki payını 30%-ə qədər artırmaq olar.

Keramika tikinti materiallarının istehsalı üçün texnoloji cəhətdən əsaslandırılmış parametrlər cədvəldə verilmişdir (cədvəl 3.6).

Cədvəl 3.6

Keramika kərpiclərinin alınması üçün texnoloji parametrlər və xassələri

Xammal	Kərpicin növü	Yandırılma temperaturu, °C	Posanın miqdarı,%	Marka (M)	Suudması, %	Struktur əmsalı, K <sub>str</sub>
Gil	üzlük	1000	-	100	10	0,90
	adi	1000	-	100	12	0,90
Konverter posası	üzlük	1030	20	200	12	0,87
	adi	1000	20	125	12	0,95
Marten posası	üzlük	1025	15	200	11	0,90
	adi	1000	30	100	14	0,90

Müəyyən edilmişdir ki, üzlük keramikanın istehsalında 35–40% həcmində kütlələrin tərkibində poladəritmə posalarından istifadə etmək daha perspektivlidir. Adi məhsullar əldə etmək üçün bu posaların nisbəti 40-50% -ə çata bilər. Üzlük və adi keramika kərpiclərinin istehsalı üçün xammal tərkiblərində poladəritmə posalarının tərkibi 25%-lə məhdudlaşır. Qara metallurjiya posalarının istifadəsi üzlük keramikanın istehsalı texnologiyasının səmərəliliyini artırır (müəyyən miqdarda istifadə edildikdə), təbii mineral və enerji resurslarına qənaət etməyə və eyni zamanda yüksək keyfiyyətli məhsullar istehsal etməyə imkan verir.

### 3.6. Metallurjiya posalarından yapışdırıcı kimi istifadə

Bu yapışdırıcılar qrupuna bərkidici aktivatorun əlavə edilməsi ilə incə üyüdülmüş dənəvərləşdirilmiş posa əsasında yapışdırıcılar daxildir.

*Sulfat-posa sementi* 80-85% posa, 10-15% anhidrit və təxminən 5% Portlandsement klinkerinin və ya 2% əhəngin birgə üyüdülməsi ilə istehsal olunur. Tədqiqatçılar tərəfindən aktivləşdirici əlavələr kimi yandırılmış dolomit, anhidrit və ya ikiqat gipsdən istifadə edilən sulfat-posa sementi təklif edilmişdir. Əsas domna posasından istifadə edərkən, yapışdırıcının optimal tərkibi aşağıdakılara uyğun olur, %-lə: posa 90, anhidrit -5, 800-900 ° S-də yandırılmış dolomit-5. Turş domna posası əsasında hazırlanmış sementin tərkibi belə xarakterizə olunur, %-lə: posa 85, anhidrit 5-8, 1000-1100°S-də yandırılmış dolomit 7-8. Əhəng əvəzinə dolomitin tətbiqi sulfoalüminatın dağılma riskini azaldır və daha eynicinsli xüsusiyyətlərə malik məhsul əldə etməyə imkan verir. Sulfat-posalı sement istehsalında alüminium-oksidi (10-20%) və manqan-oksidi (3% -dən çox olmayan) olan əsas domna posasından istifadə etmək məqsədəuyğundur. Sulfat inisiatoru kimi istifadə edilən anhidrit gips daşından daha aktivdir. Buna görə də, istifadə etməzdən əvvəl gips daşını 600-800 ° S temperaturda yandırmaq məsləhətdir. Anhidritin istifadəsi sementin xüsusiyyətlərinin sabitliyini artırır (*Шановалов Н., Загороднюк Л., Тукунова И., 2020*), (*Федынин, Н., 2021*).

Sement elə üyüdülməlidir ki, 008N<sub>2</sub>-li ələkdəki qalıq 1-3% təşkil etsin. Bu da onun aktivliyinin kəskin artmasına kömək edir. Sementin hidratasiya mexanizmi aşağıdakı kimidir. Sementi su ilə qarışdırdıqdan bir neçə saat sonra kalsium-hidrosulfoalüminatın  $C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$  sulfat forması əmələ gəlir, çünki qarışdırma suyunda CaO-nun konsentrasiyası yüksəkdir. CaO konsentrasiyası 0,2-0,3 q/l azaldıqca kalsium hidrosulfoalüminat kalsium-hidrosulfoalüminatın  $CA-CaSO \cdot 12H_2O$ -nun monosulfat formasına keçidi başlayır və ilkin fazalardan kalsium-hidrosulfoalüminatın monosulfat formasına keçir-  $C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 12H_2O$ . Məhlulda CaO-nun müəyyən edilmiş konsentrasiyasında (1-1,3q/l)  $CaO \cdot SiO_2 \cdot 2,5H_2O$  kalsium-hidrosilikatlarının əmələ gəlməsi müşahidə olunur. Sementin tərkibinə çox miqdarda əhəng və ya Portland sement klinkerinin daxil edilməsi sərtləşmənin sonrakı mərhələlərində sement daşının həcmində qeyri-bərabər dəyişikliklərə səbəb olur. Görünür, bu, maye fazada CaO-nun artan konsentrasiyasında (0,7-0,8q/l CaO və ya daha çox) kalsium-hidrosulfoalüminatın monosulfat formasının kalsium-

hidrosulfoalüminata keçməsi üçün şəraitin yaranmasından irəli gəlir. Nəticədə bu, həcmnin əhəmiyyətli dərəcədə artması və sement daşının məhv edilməsi ilə müşayiət olunur. Möhkəmliyin sonrakı artması hidrosilikatların və hidroqranatların əmələ gəlməsi ilə əlaqədardır. 28 günlük saxlamada 1:3 tərkibli sərt konsistensiyalı sement-qum məhlulundan hazırlanmış nümunələrdə təyin olunan sulfat-posa sementinin möhkəmliyi 30-40 MPa olmuşdur.

Ən intensiv sərtləşmə 20-30°S temperaturda müşahidə edilir. Temperatur 10°S-ə düşdükdə möhkəmliyin artması nəzərəcarpacaq dərəcədə azalır, 40°S-dən yuxarı temperaturda və buxarlanma zamanı (temperatur 60°S-dən yuxarı) sement aşağı möhkəmlik əldə edir. Sulfat-posa sementindən hazırlanan məmulatlar havada uzun müddət saxlandıqda onların möhkəmliyi azalır.

Şoran torpaqları olan ərazilərdə və yeraltı sularla təması olan strukturların tikintisi üçün yüksək şaxtaya davamlı olan xüsusi davamlı sementlər tələb olunur. Tədqiqatçılar tərəfindən dənəvərləşdirilmiş domna posa əsasında davamlı sulfat-posa sementinin hazırlanması araşdırılmışdır. Hazırlanmış sement davamlı sulfat-posa sementdən möhkəmliyinə görə aşağı deyil, lakin şaxtaya davamlılıq baxımından sonuncunu əhəmiyyətli dərəcədə üstələyir (*Щукина Е., Бепле Р., Архинчеева Н., 2021*). Klinkerin optimal dozasının sulfat-posa sementinin ən böyük aktivliyini təmin edən mineraloji tərkibindən asılılığı müəyyən edilmişdir.

$$A = 30 (1 - x/24) \quad (5)$$

burada, A klinker əlavəsinin optimal dozası, sementin kütləsinə nəzərən %-lə; x-klinkerdə alüminatların miqdarı, %. Düsturdan aydın olur ki, sementin sulfat müqavimətini saxlamaqla aktivliyini artırmaq üçün tərkibində minimum kalsium-alüminatı olan klinker istifadə edilməlidir.

Belə sementin təxmini tərkibi, %-lə:

- dənəvərləşdirilmiş domna posa - 60-70;
- tərkibində 8%-dən çox C<sub>3</sub>A olmayan klinker 20-30;
- gips dihidrat-10.

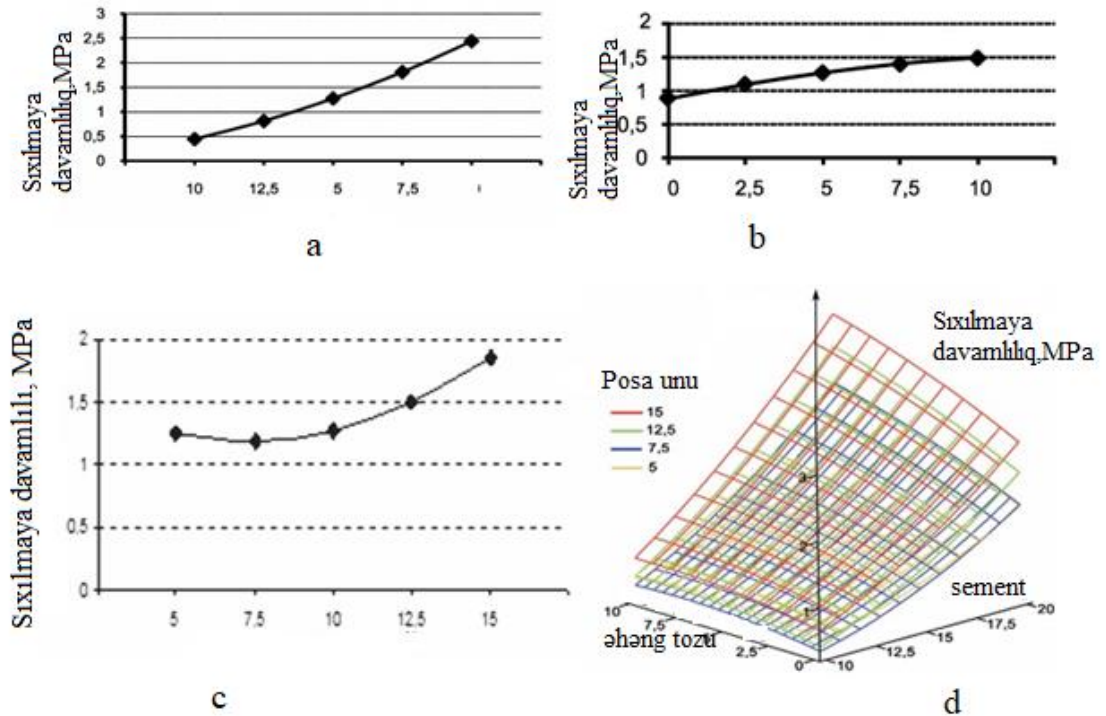
Bu sement ənənəvi sulfat-posa sementindən 20-30% artıq klinkerin miqdarına görə fərqlənir, çünki adi sementdə cəmi 5% klinker olur.

*Əhəng-posa yapışdırıcısı* sönməmiş əhəng, dənəvər posanın və az miqdarda gipsin (ümumi kütlənin 5%) əlavə edilməsi və birgə üyüdülməsi nəticəsində əldə edilən hidravlik yapışdırıcıdır. Yapışdırıcıda əhəngin miqdarı posanın keyfiyyəti ilə müəyyən edilir və ümumi kütləyə nəzərən 10-30% təşkil edir. CaO-in yüksək miqdarda daxil edilməsi ilə (20% -dən çox), həddindən artıq sürətli qatılma və hətta sement daşının həcmində qeyri-bərabər dəyişiklik müşahidə edilə bilər. Bu vəziyyətdə əhəngin miqdarı azaldılmalıdır. Yapışdırıcı istehsalı üçün ən yaxşı posalar əsasi və zəif turş xassəli yüksək miqdarda  $Al_2O_3$  və az miqdarda MnO (3-4% -dən çox olmayan) saxlayan posalardır. Yapışdırıcı elə üyüdülməlidir ki, 008№-li ələkdəki qalıq ümumi kütlənin 3-5%-ni təşkil etsin. Yapışdırıcının həqiqi sıxlığı 2,5-2,9 q/sm<sup>3</sup>, kütlə sıxlığı 0,8-0,9 q/sm<sup>3</sup>-dir. Əhəng-posa yapışdırıcının suya tələbatı Portland posasementindən daha yüksəkdir və bu xassə tərkibindəki əhəngin miqdarından asılıdır. Yapışdırıcının əlaqələnməsi 25 dəqiqədən tez, sonu 24 saatdan gec olur. Möhkəmliyin təyini 28 gün müddətində 4x4x16 sm ölçülü, 1:3 plastik konsistensiyalı sement-qum məhlulundan hazırlanmış tir nümunələrində aparılır. Yapışdırıcının üyüdülmə incəliyinin artması möhkəmliyin kəskin artması ilə müşayiət olunur. Temperaturun artırılması yapışdırıcını sürətləndirir. 8-10 saatdan sonra buxarlanma (95<sup>0</sup>S) və təkrar buxarlanma (185<sup>0</sup>S) ilə nümunələrin normal şəraitdə elə bərkimə əldə edilir ki, 1-3 aylıq sərtləşmədən sonra əldə edilən möhkəmliyə bərabər olur. Havada saxlandıqda möhkəmlik sürətlə azalır. Əhəng-posa yapışdırıcı xarici divar və qapalı konstruksiyalar üçün məmulatların, həmçinin tez-tez dondurulma və əriməyə məruz qalmayan hidrotexniki qurğuların hissələrinin istehsalı üçün istifadə edilə bilər.

*Yüksəkkeyfiyyətli tikinti-inşaat yapışdırıcı* məhlulun hazırlanmasında elektrik sobalarında əridilmədən alınan posadan müvəffəqiyyətlə istifadə olunmuşdur. Kimyəvi tərkibi SiO<sub>2</sub> – 31,2 %; CaO – 44,9 %; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5,7 %; MgO – 8,1 %; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO – 7,1 %; MnO – 1,4 %; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,7 %; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,1 %; SO<sub>2</sub> – 0,8 % olan posa, sement, əhəng tozu ilə qarışdırılaraq məhlul hazırlanmışdır. Komponentlərin məhlulun möhkəmliyinə təsiri şəkildə göstərilmişdir (şəkil 3.6). Alınan məhlul 15% sement, 5%



əhəng tozu və 10% posa unundan ibarət olmaqla inşatda və təmir işlərində keyfiyyətlə yarışdırma və mala işlərində tətbiq olunur (Щукина Е., Бенгле Р., Архинчеева Н.2021), (Шаповалов Н., Загороднюк Л., Тикунова И., 2020).



Şək. 3.6. Yarışdırıcı məhlulun sıxılmaya davamlılığının onun tərkibindən asılılığı : a- sement, b- əhəng tozu, c- posa unu, d-qarışıqın kompleks təsirinin nomogramması

## HESABATLAR:

Son illər təbii resurslara qənaət məqsədilə tikinti materialları istehsalında, yolların çəkilməsində posa məmulatlarından geniş istifadə olunur. Dünya bazarında müxtəlif əridilmələrdən alınan posalar və posa məhsulları müəyyən qiymətlərə satılır. Orta qiymətlər 1 ton üçün aşağıdakı kimidir:

Tökmə posa- 4,82 ABŞ dolları,

Marten və elektrikpoladəritmə posalar 1,31 ABŞ dolları,

Abrzivli dənəvər posa çınqıl - 27,37 ABŞ dolları,

Xırda tökmə dənəvər posa- 14,23 ABŞ dolları,

Posa qumu- 2,408 ABŞ dolları,

Suvaqlara qatılan posa- 85,40 ABŞ dolları,

Sement və asfalta doldurucu kimi işlədilən posa- 21,90 ABŞ dolları,

Yol tikintisində işlədilən posa-9,85 ABŞ dolları,

Beton məhlullarında istifadə edilən posa- 8,79 ABŞ dolları.

*I- Ağır beton istehsalında* əhəngdaşı xammalının 15%-i posa çınqıl ilə əvəz olunur. Nəzərə alsaq ki, əhəngdaşının dünya bazarında qiyməti 206,38 ABŞ dollarıdır, onda hər bir ton belə beton istehsalında sement və qum 1:3 nisbətində götürülür ki, qumun ümumi kütləsinin 0,2 - 0,7 hissəsi qədər əhəng əlavə olunur.

1 ton 1000kq olduğu üçün, 750 kq qum istifadə edilir  $1000 \cdot 3/4 = 750$ .

750 kq əhəngin qiyməti  $750 \cdot 206,38 \$ = 154785 \$$

750kq əhəngin orta hesabla 0,5 hissəsi  $750 \cdot 0,5 = 375$  kq,  $375 \cdot 206,38 \$ = 77392 \$$

İstifadə olunacaq əhəngin 15%-i  $375 \cdot 0,15 = 56,25$  kq

56,25kq əhəngin qiyməti  $56,25 \cdot 206,38 \$ = 11608,88 \$$

56,25 kq posanın qiyməti  $56,25 \cdot 21,90 \$ = 1232 \$$

Posanın tətbiqi ilə əldə olunan gəlir:

$11608,88 \$ - 1232 \$ = 10377 \$$

Beləliklə, ağır beton istehsalında hər bir ton ağır beton istehsalında əlavə olunan əhəngin 15%-i posa çınqıl ilə əvəz edildikdə, 10377 \$ iqtisadi gəlir əldə edilir.

**II- Keramik kərpic istehsalı** üçün əsas xammal gilidir. Dünya bazarında gilin bir tonunun qiyməti 3,83 ABŞ dollarıdır. Üzlük keramika istehsalında gilin təxminən 40%-i posa ilə əvəz olunur.

1 ton gilin qiyməti  $1000 \cdot 3,83 \$ = 3830 \$$

Hər bir ton məmulat istehsalında 40% posa ilə əvəz olunsa,

$3830\$ \cdot 0,40 = 1532 \$$

Hər bir ton üçün 40% 400 kq deməkdir. 400kq posanın qiyməti

$400 \cdot 1,31\$ = 524 \$$

Deməli , üzlük keramika istehsalında gilin 40%-i posa ilə əvəz olunsa, əldə olunan iqtisadi gəlir

$1532 - 524 = 1008 \$$  olacaq.

**III-Əhəng-posa yapışdırıcıya** təxminən 20% əhəng əlavə olunur. Əhəngin 30%-i posa ilə əvəz olunduqda onun keyfiyyəti artır və bərkimə daha az müddətdə başa çatır.

1 ton belə yapışdırıcıya 20%, yəni 200 kq əhəng qatılır. Bu qədər əhəngin dəyəri

$200 \cdot 206,38\$ = 41276 \$$

200kq əhəngin 30%-i  $200 \cdot 0,30 = 60$  kq posa. Bu qədər posanın qiyməti

$60 \cdot 14,23\$ = 853,8 \$$

Əhəngin 30%-i posa ilə əvəz olunduqda , qarışığa cəmi  $200 - 60 = 140$  kq əhəng qatılacaq.

60kq əhəngin qiyməti  $60 \cdot 206,38\$ = 12383 \$$

Əhəng-posa yapışdırıcı istehsalında əhəngin 30%-nin posa ilə əvəz olunmasından alınan iqtisadi gəlir

$12383 - 853,8 = 11529,2 \$$  olacaq.

## NƏTİCƏLƏR:

1. Metallurjiya sənayesində alınan tullantılar, onların növləri və xarakteristikası ədəbiyyat icmallarına görə araşdırılmışdır.
2. Metallurji posalardan tikinti materialları istehsalında istifadənin istiqamətlərinin müəyyənləşdirilməsi üçün onların kimyəvi tərkibi, faza tərkibi, radioaktivliyi, hidravlik aktivliyi, yapışdırıcılıq qabiliyyəti və sorbsiya xassələri tədqiq edilmiş, sorbsiya xassələrinin parametrlərdən asılılığı qrafiklərinin riyazi modelləri qurulmuşdur.
3. Posalardan portlandsement istehsalı, doldurucu kimi, yeni xassəli beton, keramika kərpic dənəvərləşdirmə məhsulları istehsalında tətbiq üsulları verilmişdir. İDPB istehsalında sement:posa nisbətindən asılı olaraq posanın optimal qranulometrik tərkibinin və yüksəkkeyfiyyətli tikinti-inşaat yapışdırıcı kimi məhlulun hazırlanmasında posadan istifadə zamanı komponentlərin məhlulun möhkəmliyinə təsirinin riyazi modelləri tərtib edilmişdir.
4. Posalardan istifadə edilməklə keramika kərpic, ağır beton, əhəng-posa yapışdırıcı istehsalında əldə olunacaq iqtisadi gəlir hesablanmış və alınan nəticələrə əsasən metallurji posalardan istifadə ilə 1 ton ağır beton istehsalında orta hesabla 10377 \$, keramik kərpic istehsalında 1008 \$, əhəng-posa yapışdırıcı istehsalında 11529,2 \$ iqtisadi gəlir əldə etmək olar.

**İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYAT:**

1. Айменов Ж., Сарсенбаев Б.(2021) Радиационно-гигиенические характеристики шлакощелочных вяжущих из фосфорных и доменных шлаков. Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, 215 с
2. Анашкин Н.(2018) Переработка и использование мартеновских шлаков в металлургии и других отраслях // Сотрудничество для решения проблемы отходов: V Междунар. конф., 2–3 апреля 2018 г.: 85–86. <https://waste.ua/cooperation/2018/theses/index.html>
3. Баженов Ю.(2021) Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов. М. Стройиздат, 2021. 215 с.
4. Барбанягрэ В., Коледаева Т.,(2019) Синтез портландцементного клинкера при температуре 1100°C. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 334 с.
5. Буравчук Н. (2019) Ресурсосбережение В Технологии Строительных Материалов. Ростов на Дону, Южно федеральный университет, 224 с. ISBN 978-5-9275-0681-1.
6. Валуев Д., Гизатулин Р.(2020) Технология переработки металлургических отходов. Томский Технологический Институт. 250 с.
7. Веселовский А., Лайхан С. (2019) Способ безотходной переработки отвальных никелевых шлаков. Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». Т. 19, № 4. С. 62–70 DOI: 10.14529/met190408
8. Волженский А.В. (2021) Комплексная переработка и использование металлургических шлаков в строительстве. Строительные материалы, № 5. С. 11-14 <https://ww.internationalconference.ru /stati-avtorov.html?type= atom &y sclid=lfq40zid6h4530435&start>
9. Глуховского В.Д. (2021)Шлакощелочные бетоны на мелкозернистых заполнителях: Монография / Киев: Вища школа. Головное изд-во 330 с.

10. Гончаров Ю. (2018) Особенности фазовой и структурной неравновесности металлургических шлаков. Изв. вузов. Строительство, № 4. С. 50-53 <https://cyberleninka.ru/article/n/metallurgiya-shlaklardan-sement-klinkeri-qoshimchalari-olish-jarayonlarini-organish>
11. Горшков В. (2018) Комплексная переработка и использование металлургических шлаков в строительстве. М. Стройиздат, 272 с.
12. Горшков В., Тимашев В. (2021) Методы физико-химического анализа вяжущих веществ.: практ. пособие /М. : Высшая школа, 2021. 334 с.
13. Грайворонская И., Хоботова Э., (2017) Обеспечение экологической безопасности при использовании металлургических шлаков. Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет. 244 с.
14. Демин Б., Смирнов Л., Сорокин Ю. (2023) Новые конструкции установок барабанного типа для переработки шлаковых расплавов // Труды научно-практической конференции с международным участием «Перспективы развития металлургии и машиностроения с использованием завершённых фундаментальных исслед. и НИОКР». Екатеринбург. С. 63-70.
15. Джаббарова Н., Алиев К. (2019) Влияние металлургических шлаков на свойства цемента и бетонов на его основе. Химические науки, №7, 11-14
16. Зырянов Ф. (2018) Оценка эффективности переработки отходов металлургического производства для последующего использования при производстве строительных материалов, «Южно-Уральский государственный университет», Челябинск, С 248
17. Иванов А., Евтушенко Е. (2019) Стеновые керамические материалы с использованием металлургического шлака / Строительные материалы. № 7. С. 64–65.
18. Кабанов Ю., Столярский Е. (2019) Извлечение и подготовка к использованию скрапа из отвальных сталеплавильных шлаков // Металлург. – № 1. С. 8 0. DOI: 10.21122/1683-6065-2022-2-34-39
19. Каплан А.В. (2021) Обеспечение экономической эффективности рекультивации шлаковых отвалов металлургических комбинатов /

- Металлург. № 6. С. 86-88.*
20. Крикунов, Б. П. (2021) Пути утилизации отходов и сокращение затрат в металлургическом производстве/ *Металлургическая и горнорудная промышленность. № 4. С. 128-131.*
21. Лисачук Г., Щукина Л. (2020). К вопросу об использовании металлургических шлаков в технологии фасадной керамики / // *Сотрудничество для решения проблемы отходов: VIII Междунар. конф., 23–24 февр.: матер. конф. X., С. 30–31*
22. Минаев А.А. (2018) Организация региональных комплексов утилизации отходов металлургии Украины / *Семинар по черной металлургии и рециркуляции, 24-27 апреля.: доклады. – Дюссельдорф (Германия)*
23. Михеенков М. (2022) *Пирометаллургическая переработка проблемных техногенных образований металлургии с получением ценных товарных продуктов. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Екатеринбург*
24. Михеенков М. (2020) *Технологические особенности переработки сталеплавильных шлаков в строительные материалы и изделия / Строительные материалы. № 10. С. 70-74*
25. *Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97) и основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизированных излучений. К., 2018. <https://lex.uz/docs/1908086> 159 с.*
26. Романова И., Бегунов О. (2019) *Использование отходов металлургической промышленности в строительной индустрии как способ сбережения природных ресурсов и снижения экологической напряженности. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, с359*
27. Ровнушкин В., Спирин Е., Шеховцов В. (2020) *Исследование влияния составов ковшевого шлака и огнеупоров на стойкость футеровки вакууматора RH // Новые огнеупоры. №3. С. 33 – 36.*

28. Рыщенко М., Белостоцкая Л. (2019) Утилизация металлургических шлаков в производстве стеновой керамики. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» (НТУ «ХПИ»), г. Харьков, 238 с.
29. Рыщенко М., Федоренко Е. (2018) Техногенные материалы и промышленные отходы как источник сырья для производства строительных материалов // Экология и промышленность. № 4. С. 10–16.
30. Смирнов Л., Грабеклис А. (2019) Современное состояние переработки шлаков ферросплавного производства / Сталь. № 1. С. 86-89
31. Сорокин Ю., Демин В. (2020) Переработка шлаков ЭСПЦ в опытной установке барабанного типа с шаровой насадкой // Сталь. № 3. С. 70-73
32. Турчанов В. (2019) Строительные материалы из промышленных отходов и местного сырья. Оренбург. С. 273
33. Тусылбаев Д. С. (2017) Использование конверторных шлаков / Вклад молодежной науки в реализацию Стратегии «Казахстан-2050» <http://repo.kstu.kz:8080/xmlui/handle/123456789/5939?show=full>
34. Федынин Н. (2021) Высокопрочный мелкозернистый шлакобетон / М.: Стройиздат, С. 185
35. Хоботова Э., Уханёва М., Грайворонская И. (2020) Радиационно-химическое обоснование использования твёрдых промышленных отходов в качестве технических материалов: монография / Ю. С. Калмыкова. – Х.: ХНАДУ, 2021. 256 с.
36. Хрипачева И. (2020) Бетоны на смешанных цементах центробежно-ударного помола на основе доменного отвального шлака. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. Челябинск, С. 144-145.
37. Шаповалов Н., Загороднюк Л., Тикунова И., Щекина А., Шкарин А. (2020) Шлаки металлургического производства – эффективное сырьё для получения сухих строительных смесей. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30920>
38. Щукина Е., Бенпле Р., Архинчеева Н. (2021) Комплексное использование



*минерального сырья и отходов промышленности при производстве строительных материалов: Учебное пос. - Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ 214 с.*

### **Internet məlumatları**

39. <http://profil.adu.by/mod/book/tool/print/index.php?id=1856&chapterid=4444>