

TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRRLIGI

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

Ş.A. Kličowa

# **Keramikanyň tehnologiýasy**

Hünär: Eremesi kyn metal däl we silikat materiallaryň himiki  
tehnologiýasy

Aşgabat – 2010

## Giriş

„Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Başugry“ Milli maksatnamasyna laýyklykda, çaklanylýan döwürde ýurduň ykdysadyýetiniň ýokary depginleri gurluşyk materiallary senagatynyň pudaklarynyň önümçilik kuwwatlyklaryny artdyrmagyň zerurdygyny, ýerli çig mal serişdelerden aňryçäk peýdalanmak önümleriň görnüşleriniň giňelmegi öndebaryjy tehnologiýalaryň ornaşdyrylmagyny kesgitleýär.

Gurluşyk materiallary senagaty pudagynyň esasy maýa goýum toplumyny gurluşyk materiallary bilen doly üpjün etmek bolmagynda galýar. Daşary ýurt firmalary bilen şertnamlar boýunça, kerpiç öndürýän zawodlaryň gurluşygy alnyp barylýar. Diwar materiallaryny, gurluşyk kerpiçini öndürmek boýunça kuwwatlyklary täze tehnologiýalary peýdalanmak bilen, kerpiç öndürýän täze zawodlaryň gurulmagynyň hasabyna 2020-nji ýyla çenli 6 esseden gowrak ýokarlandyrmagy göz önünde tutulýar. Çig malymyz toýun bolup toýun diýlende, ownuk bölejikleriň, köp minerallaryň garylmagyndan ybarat bolan we suw bilen garyşdyrlanda, hamyr massa emele getirip daşky güýç täsirinde berlen şekili özünde saklaýan, bişirlende daş görnüşli madda öwürilmegine aýdylýar.

Keramiki materiallar dürli ugurlar boýunça hyzmat edýär. Şeýle-de keramiki materiallaryň aýratyn görnüşleri üçin hyzmat edýärler, bu dürli görnüşli keramiki materiallaryň özleriniň dürli ýörite häsiýetleri bilen tapawutlanýarlar. Beýleki bir tarapdan, hyzmat etmäge gerek bolýan keramiki materiallaryň bir görnüşi bilen umumy häsiýetini bahalandyrmak mümkin däl. Şeýle-de, köp ýaýran ýönekeý görnüşli gurluşyk kerpiçini bahalandyrmak üçin häsiýetleri, meselem, öýjükliligi, berkligi, sowuga durnuklylygy, hakyky şekili, ölçegi we beýlekiler degişli bolup durýar. Çylşyrymly

keramiki materiallaryň hyzmaty, şeýle-de dürli görnüşleri, has çylşyrymly we köp sanly kompleksleýin bolup, talaby ýokary bolýar.

Meselem, oda çymaly materiallar dürli önümçilik peçlerinde goýum üçin gurluşyk materiallary hökmünde ulanylýar, çylşyrymly häsiýetleriniň hataryna degişli bolup durýar we esasan, ýokary temperaturada saklanmaga ukybly hasaplanylýar, olaryň himiki we mehaniki häsiýetleri hem bagly bolýar. Şeýle-de beýleki keramiki materiallara degişli bolup durýar. Esasy häsiýetleriniň öňki agzalan häsiýetlerine, şeýle-de dürli keramiki materiallaryň häsiýetleri indiki toparlara bölmek bolýar: mükrodüzilişine, öýjükliligine, mehaniki berkligine, termomehaniki, teplofiziki, termiki, himiki, elektrofiziki häsiýeti, hakyky şekili we ölçegleri. Keramiki materiallar, esasan, emeli daşly materiallary, az mukdardaky çig mallardan taýýarlanan materiallary şekillendirip, ýokary temperaturada ýakylýp ulanylýan materiallara aýdylýar.

Gurluşy boýunça öýjüklü we dykyz bişen daşly keramiki önümleri tapawutlandyrýarlar. Öýjükliligi şertleýin 5%-den geçmeýän, suw çekijilikli massaly önümler hasaplanylýar: dykyz kerpiç, boşlukly kerpiçler, keramiki daşlar, çerepisa, daşyny örtülýän plitalar, drenaž turbalar we ş. m. Daşy gowy bişen bolsa, onda onuň suw çekijiligi 5% -den az bolýar. Olara degişliler bolsa ýol kerpiji, ýere düşelýän plitalar, farfor önümleri konstruktiv hyzmatlary üçin keramiki önümleri tapawutlanýarlar. Diwarlar üçin kerpiç we keramiki daşlar, ýere düşelýän, ýüzüne goýulan kerpiç, plitalar, çerepisa, sanitar-tehniki önümleri, faýansly önümleri, ýylylyk saklaýjylar, ýeňil kerpiç, bezeg önümleri ýaly keramiki önümleri hyzmatlary boýunça ulanýarlar.

# **1. Keramiki materiallaryň esasy häsiýetleri**

## **1.1. Keramiki önümiň mikrodüzülişi we faza düzümi**

Halk hojalygynyň dürli pudaklarynda ulanylýan keramiki materiallar belli häsiýetlere eýe bolmalydyr. Keramiki materiallaryň halk hojalygynyň birnäçe pudaklarynda ulanylmagy, olaryň bir sany häsiýeti bilen belgilenmeýär.

Keramiki materiallaryň birnäçe häsiýetleri bilen bilelikde, olaryň haýsy pudakda ulanylýanlygy anyklap bolýar. Meselem, bir sany diwarsow kerpijini ulanmak üçin olaryň öýjükliligi, sowuga çydamlylygy, mehaniki gatylygy, şekili, ölçegleri we başga häsiýetleri ulanmaga mümkindigini anyklap berýär. Keramiki materiallaryň ulanylma ýagdaýy kynlaşdygyça, materiala goýlan talaplar hem artyp barýar.

Şeýle-de, tehnikada ulanylýan keramiki materiallary özüniň ýörite häsiýeti bilen tapawutlanýar. Tehnikada ulanylýan keramiki materiallaryň bezeelektrik, segeelektrik häsiýetlere eýe bolýar. Keramiki materiallaryň häsiýetleri aşakdaky toparlara bölünýär:

1. Mikrodüzülişi;
2. Öýjükliligi we siňdirilmegi;
3. Mehaniki berkligi;
4. Ýylylygyň mehaniki häsiýeti;
5. Ýylylygyň fiziki häsiýeti;
6. Termiki häsiýeti;
7. Elektro-fiziki häsiýeti;
8. Himiki häsiýeti;
9. Şekili, ölçegini anyklamak we beýlekiler degişli bolup durýar.

Hemme keramiki materiallaryň ähli häsiýetleri olaryň mikrodüzülişine bagly bolýar. Mikrodüzüliş diýlende, keramiki materiallaryň, esasan, nämeden düzilendigine düşünilýär. Keramiki materiallaryň düzülişi diýlende, kristal çüýşe we gaz

görnüşli fazalaryň özara biri-biri bilen baglanyşygy, fiziki-himiki tebigaty we mukdar gatnaşygyna düşünilýär.

**Materialyň mikrodüzilişi:** Kristal görnüşli maddalaryň gurluş häsiýeti, çüýşe görnüşi we öýjükliçiligi bilen baglanyşygyny anyklap bolýar. Materiallaryň düzümindäki öýjükleri olaryň ölçegleri, şekili we nähili derejede durýanlygyny materialyň teksturasyny kesgitleýär.

Keramiki materiallaryň mikrodüzilişini fiziki-himiki analizleriň kömegi bilen anyklanýar. Materialyň düzümindäki kristal ýagdaýdaky maddalaryň bar- -ýoklugyny, onuň mukdarynyň, nähili kristal maddalaryň gatnaşmagynyň netijesinde, rentgen faza analiziniň kömeginde kesgitlenýär. Kristal maddalaryň amorf ýagdaýdaky maddalar bilen mukdar gatnaşygy, onuň dargama häsiýeti, kristal maddalaryň öýjükliçiligiň şekili we ölçegleri petrografiýa (polýarizasiýa mikroskopy) bilen kesgitlenýär. Materialyň düzümindäki käbir materiallaryň mukdary has az bolsa, petrografiýa usulynda anyklap bolmaýar. Petrografiýa usulynda kristal maddalaryň ölçeglerini 300-400 gezek ulaltmak mümkin däl. Bular ýaly ýagdaýda elektron mikroskopyň kömeginde kristal madda anyklanylýar(elektromikroskop 20-30 mün esse ulaldyp berýär).

Keramiki materiallaryň düzüminde ýokary temperatura netijesinde, ýylylyk çykarylyşy ýa-da ýuwudylyşy bilen bolýan proseslerini, kristal maddalaryň emele gelýän temperaturasyny differensial mehaniki analiziň kömeginde kesgitlenýär.

Keramiki materiallaryň gurluşynyň dogry netijesi, ýokarda görkezilen usuly boýunça alnan maglumatlar biri-birine gabat gelmegi netijesinde emele gelýär.

**Öýjükliçiligi we siňdirilmesi:** Keramiki materiallar gaty madda hasaplanylýar (kristal we aýna görnüşli). Keramiki materiallaryň düzümindäki göwrüm öýjügi, ölçegi, uly-kiçiligi materialyň häsiýetine uly täsir edýär. Keramiki berklik olaryň öýjükliçiligiňe bagly: öýjükliçiligiň mukdaryna, paýlanyş häsiýetine we ölçegine bagly bolan şlak, eredilen oda çydamly

materiallaryň siňdirijiligi, peçniň oda çydamly futerowkasynyň şlaga durnuklylygyny kesgitleýär. Keramikanyň siňdirijiligine kislota çydamlylygy hem bagly bolup, öýjükleriň göwrümüne we ýerleşme häsiýetine, gurluşy we ýylylygy izalýasion keramikaňiň ýylylyk geçirijiligine bagly bolýar.

Öýjükler birnäçe toparlara bölünýär:

1. Ýapyk öýjükler, olara suwuklyklar we gaz önümleri siňip bilmeýär;

2. Başy ýapyk öýjükler, suwuklyklar ýa-da gazlar bilen doldyrylýar, ýöne

keramikanyň siňdirijiligine täsir etmeýär;

3. Kanal emele getirýän öýjükler, öýjükli kanaly döredýän, öýjügiň iki tarapynda

hem açyk kanal emele getirji öýjükler;

4. Keramiki materiallaryň öýjükleri, olaryň häsiýetine uly täsirini görkezýär. Öýjüklikler köp bolsa dykyzlygy, himiki çydamamlygy, ýylylyga we sowuklyga çydamlylygy azalýar. Ýylylyk geçirijiligi artýar. Elektro-fiziki häsiýeti erbetleşýär.

Şu keramiki materiallaryň öýjükliliginiň hasiýeti aşakda getirilendir:

1. Hakyky dykyzlyk diýip ( $\gamma_h$ ),  $\text{g/cm}^3$ ,  $1\text{cm}^3$  göwrümdäki materiallaryň absolyt dykyz ýagdaýdaky agyrlygyna aýdylýar.

2. Göwrüm agyrlygy diýip ( $\gamma_g$ ),  $\text{g/cm}^3$ ,  $1\text{cm}^3$  göwrümdäki materiallaryň, olaryň öýjükliligini goşup hasaplanýan agyrlygyna aýdylýar.

3. Hakyky öýjüklilik diýip ( $\ddot{O}_h$ ), hemme açyk we ýapyk öýjükler göwrüm materiallaryň umumy göwrüm gatnaşygyna göterim hasabynda alynmagyna aýdylýar.

$$\ddot{O}_{h.\ddot{o}} = \frac{V_o}{V_m} * 100\% \quad (1)$$

4. Açyk öýjüklilik ( $\ddot{O}_a$ ) diýlende, material gaýnadylanda suw bilen doldurylan öýjükleriň göwrümi materialyň umumy göwrüminiň gatnaşygyna aýdylýar.

5. Şeýlelikde, ýapyk öýjüklilik şu formula bilen hasaplanýar:

$$\ddot{O}_y = \ddot{O}_h - \ddot{O}_g. \quad (2)$$

6. Suw çekijiligi diýip (S), suwyň agram mukdary we gury materialyň göterim agramyna bolan gaýnadylanda, materialyň öýjükliliginı doldyrýan suwuň agramyna aýdylýar.

$$S = \frac{g_1 - g_2}{g_2} \cdot 100 \% \quad (3)$$

## 1.2. Mehaniki berkligi we ýylylygyny mehaniki häsiýetleri

Keramiki materiallaryň mehaniki berkligi diýip, olary gysmak, egmek we towlamak ýaly güýçlere garşy durmagyna aýdylýar. Berkligiň, esasan, ilkinji iki sany bahalandyrmasy giňden ulanylýar. Barlanylýan nusganyň mehaniki gaýtadan işlenmesi ýa-da süýndirilmekde we süýşmekde berkligi kesgitlemeklik seýrek düş gelýär. Gysmak güýjüne berkligi, taraplary 10 ÷ 30 mm ýa-da 40 ÷ 100 mm bolan kub şekiline eýe bolan nusgada kesgitlenýär.

Şonuň üçin gidrawliki preslerden peýdalanylýar. Materialyň döwürleme güýjüne gatylygy şu nusgany döwrendäki güýçleriň mukdary bilen ölçenilýär.

$G_{gyc} = 100 \div 200 \text{ kgg/cm}^2$  gurlyşyk keramikasy üçin, tehniki keramika üçin  $G_{gys} = 10000 \div 15000 \text{ kgg/cm}^2$ . Materiallaryň egme güýjüne berkligi, silindr şekilindäki (uzynlygy 100–120 mm, diametri 5–10 mm) ýa-da dörtburç şekilde ( $h = 10 \text{ mm}$ ,  $L = 30 \text{ mm}$ ) dogry dörtburç şekilinden peýdalanylýar.

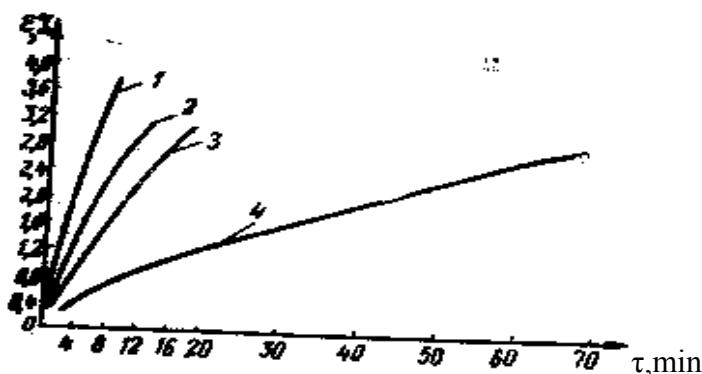
Egme güýjüniň berkligi  $\frac{1}{3} - \frac{1}{5}$  egmeklige ukyplydyr.

Materialyň süýndirmeklik güýjüne berkligi, sekiz görnüşli şekile eýe bolan nusganyň kömeginde anyklanýar.

Süýndirmek güýçleriniň berkligi  $\frac{1}{6} - \frac{1}{8}$  süýndirmeklige ukyplydyr.

Keramiki materiallaryň mehaniki berkligi ,olary işläp çykarma prosesini çig malynyň tebigy häsiýetleri, çig maly taýýarlamak usuly çig maldan taýýarlanan massany galyplananda gysmaklyk, olary guratmak we ýakmak şertine baglydyr. Mehaniki berklik materialyň fazaly düzümine we gurlyşyna baglydyr.

**Ýylylygynyň mehaniki häsiýetleri:** Ýylylygynyň mehaniki häsiýetlerine aşakdakylar degişlidir:



Surat 1. Arassa tehniki MgOkeramikasynyň bişme täsiriniň egrisi, berklik dowamlylygyny 1500°C temperaturada bozulmagyna ýetirilýär  
1- $\sigma=500\text{kgg/cm}^2$ ; 2- $\sigma=400\text{kgg/cm}^2$ ; 3- $\sigma=300\text{kgg/cm}^2$ ; 4- $\sigma=200\text{kgg/cm}^2$

1. Keramiki materiallara hyzmat edýän temperaturadaky gysga wagtdaky berkligi;

2.  $2\text{kg/sm}^2$  güýç tasirinde deformasiýalanyş temperaturasy.

Munuň üçin uzynlygy 50 mm, diametri 36mm bolan silindr görnüşli nusga taýýarlanýar. Ol nusgany peçe ýerleşdirýärler we oňa 0,2-0,4 MPa güýç täsir edilip, aşakdaky temperaturada kesgitlenýär. Şu materiallaryň maksimal derejesiniň giňeliş temperaturasy şu materialyň belentligi, 0,6%; gysgalma temperaturasy 0,4%; gysgalma temperaturasy we ýumşama temperaturasy anyklanýar.



3. Süýşmeklik diýip, materialyň düzümindäki bir elementiň süşmegine (deformasiýa) aýdylýar. Munda material ýokary temperaturanyň täsiri astynda üýtgedemelik ýagdaýda bolýar.

Ýokary temperatura täsiri netijesinde, materialyň kristallik penjiresinde ýerleşýän bir optik elementiň (2-3) süşmegine uzak dowam eden berklilik diýilýär.

Bu döwürde materiallaryň bozulmagy başlaýar. Tehniki arassa MgO keramiki bişme egriligi, uzak dowamlylygy 1500°C bozulma çenli ýetirilýär.

1-  $\sigma = 500 \text{ kgg/cm}^2$ ; 2-  $\sigma = 400 \text{ kgg/cm}^2$ ; 3-  $\sigma = 300 \text{ kgg/cm}^2$ ; 4-  $\sigma = 200 \text{ kgg/cm}^2$

### 1.3. Ýylylygyň fiziki häsiýeti we oda çydamlylygy

Ýylylygyň fiziki häsiýetine aşakdakylar degişli bolup durýar:

1.Ýylylyk geçirijilik diýip, materiallar belli mukdardaky temperaturanyň tapawudy netijesinde materialdan geçen ýylylyk mukdaryna aýdylýar. Munda ýylylyk geçiş, kristal penjire bogundaky atomlaryň elastik (yza gaýdyp bilýän) yrgyldysy netijesinde emele gelýär.

Keramiki materiallaryň ýylylyk geçirijilik koeffisienti  $\lambda$ -a bilen belgilenýär. Ýylylyk geçirijilik koeffisienty  $\lambda$ -anyň mehaniki birligi kkal/m·sek.°grad, fiziki birligi kkal/cm sek°grad. ölçenýär.

2. Ýylylykda giňelme keramiki materiallar gyzdyrlanda giňelýär. Bu giňelmeklik himiki baglanşygyň berkligine baglydyr.

Giňelmäniň aşakdaky görnüşleri bellidir.

1.Orta uzynlygynyň termiki giňelme koeffisienti,

$$\alpha_{\text{or}} = \frac{L_t - L_{t_0}}{L_{t_0}(t - t_0)} \quad (4)$$

$L_{t_0}$  – materialyň gyzdyrylmazdan öňki uzynlygy ;

$L_t$  – materialyň gyzdyrlandan soňky uzynlygy.

2.Hakyky uzynlygynyň termiki giňelme koeffisienti,

$$\alpha_{hak} = \frac{1}{L} \cdot \frac{dL}{dt} \quad (5)$$

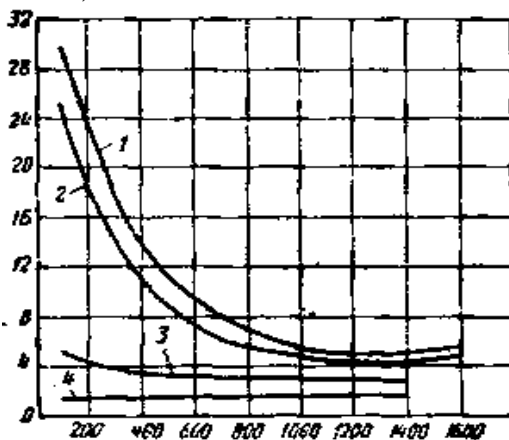
3.Termiki giňelme koeffisienti, (%)

$$\frac{L_t - L_{t_0}}{L_{t_0}} \cdot 100\% \quad (6)$$

4.Termiki giňelmäniň orta göwrüm giňelmesi,

$$\beta \approx 3\alpha \quad (7)$$

Termiki giňelme araçäginiň ululygy  $0^{\circ}\text{C}$ -dan berlen temperatura çenli şu formuladan hasaplanýar, görerimde  $\alpha t \cdot 100\%$ . Meselem, keramika üçin, şular ýaly  $\alpha_{or.} = 4,5 \cdot 10^{-6}$ , termiki giňelme ululygy  $800^{\circ}\text{C}$ -ni düzýän bolsa:  $4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 800 \cdot 100\% = 0,36\%$ .



Surat 2. Tehniki arassa keramiki kristally bişme  $\lambda$  ýylylyk geçirijilik koeffisienti

1-MgO; 2-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3-3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub>; 4-ZrO<sub>2</sub> (stabil ýagdaýy)

**Ýylylygyň häsiýetleri:** ýylylyk häsiýetlerine oda çydamlylyk ýokary temperaturada göwrümiň hemişeligi, ýylylyga çydamlylygy we termiki durnuklylygy degişli bolýar.

**Oda çydamlylyk:** oda çydamlylygy ýa-da temperaturada eremeçligi hemme keramiki materiallarda dört topara bölmek bolýar:

1. Ýeňil ereýän  $1300^{\circ}\text{C}$ -dan ýokary temperaturada ereýär. Muňa, esasan, gyzyl toýundan taýýarlanan keramika degişli bolup, olara gurluşyk kerpiçi, çerepisa, kanalizasiýa turbalary degişli bolup durýar.

2. Kyn ereýän,  $1580^{\circ}\text{C}$ -dan ýokary temperaturada ereýär. Bulara ýagymak toýunlar degişli bolup, kislota çydamly önümler, syrçaly materiallar, faýans, fasfor, tehniki keramikanyň käbir görnüşleri degişli bolup durýar.

3.  $1580^{\circ}\text{C}$ - $2000^{\circ}\text{C}$  aralygyndaky oda çydamlylyk. Bulara turşy oda çydamly materiallar degişli bolup, olara dinasly, şamotly, ýokary glinazyomly we tehniki keramikanıň uly bölämi girýär.

4. Ýokary oda çydamly materiallar,  $2000^{\circ}\text{C}$  ýokary ereýjilik temperaturasy ýa-da oda çydamlylygy bolan materiallara aýdylýar. Bulara keramikanyň uly bölämi, arassa oksidler we kislorodsyz birikmeleler degişlidir.

Materialyň oda çydamlylygy diýip, ýokary temperatura täsirinde özüniň berkligini, massasyny we başga häsiýetlerini üýtgetmän saklaýan ukybyna aýdylýar. Ýylylyga çygamlylygy kesgitlemekde barlanýan materialdan kesik piramida ýasap, bu piramidanyň esasynyň taraplary 2-3 mm bolup, beýikligi 30 mm bolýar. Bu pramida etalon piramida bilen ýanma-ýan edip bile ýerleşdirilýär. Etalon piramidanyň nomeri bolýar. Bu nomerde şu piramidanyň gyrasyny aşak egip, düşýän temperaturasyny görkezýär. Bu piramidanyň hemmesi ýokary temperaturaly peçlere ýerleşdirilýär. Düşürilýän piramida ýumşak ýokarky ujy haýsy etalon piramida bilen bilelikde ýere degse, şu piramidanyň temperaturasy barlanýan materialyň oda çydamlylygyny bildirýär.

1250<sup>0</sup>C-125N  
1300<sup>0</sup>C-130N  
1350<sup>0</sup>C-135N

#### **1.4. Ýokary temperaturada göwrüm hemişeligi we elektro-fiziki häsietleri**

Keramiki materiallar ýokary temperatura täsirinde ulanylýan wagtynda, onuň düzümindäki kristal maddalar bir modifikasion görnüşinden, ikinji modifikasion görnüşe geçmegi mümkin. Kāwagt kristal maddalaryň bu modifikasion geçişi göwrümiň üýtgemegi bilen emele gelýär. Bu göwrüm üýtgemegi bolsa, oda çydamly materiallaryň häsiýetini erbetleşdirýär. Şonuň üçin mümkin boldygyça, keramiki materiallar ulanylýan wagtynda, onuň göwrüminiň üýtgemegi bilen geçýän prosesi bolmaly dälär.

**Ýylylyga çydamlylyk** diýip, keramiki materiallaryň temperaturasynyň çalt üýtgemegi netijesinde özüniň häsiýetlerini üýtgetmän, saklama ukybyna aýdylýar. Temperatura çalt üýtgände, materialyň düzümindäki elastik we plastik deformasiýalar emele gelmegi netijesinde oprulma emele gelýär. Ýylylyga çydamlylygyny kesgitlemek üçin barlanýan materialdan nusga alyp, 1300<sup>0</sup>C peçde goýulýar. Peçde 10 minut saklanandan soň peçden çykaryp, 20-25<sup>0</sup>C çenli düşürmeli. Suwda 5 minut saklamaly. Suwdan çykaryp, ony 10 minut saklamaly. Şu 10 minudyň içinde nusganyň agyrlıgy kesgitlenýär. Soňra nusgalar peçe salynýar we 1300<sup>0</sup>C-da gyzdyrylýar. Bu proses birnäçe gezek gaýtalanýar we barlanýan materialyň agramy 20% azalýança dowam etdirilýär. Bu prosesiniň sanyny we materialyň ýylylyga çydamlylygyny görkezýär.

**Termiki köneliş:** Keramiki materiallar ýokary temperaturada ulanylýan wagtynda, materialyň düzümindäki käbir kristal maddalaryň öýjükleri ulalýar. Ownuk ölçegdäki kristallar azalyp barýar. Iri derejedäki öýjükleriň mukdary

artmagy netijesinde, materiallaryň häsiýetleri erbetleşýär we muňa termiki könelişi diýilýär.

**Himiki durnuklylygy** diýip, keramiki materiallaryň suwuk, gaz we gaty maddalaryň ereme ýa-da dargaýjylyk täsirine durnukly bolmagyna aýdylýar. Keramiki gatlaklaryň, üst ýüzüniň gaz we gaty maddalaryň täsir etmeginde ereýär, suwuklyk görnüşinde akyp gidýär ýa-da bolmasa mehaniki dargaýar. Ýurt-da öndürilýän oda çydamlylaryň  $\frac{2}{3}$  bölegi himiki durnukly bolmalydyr, sebäbi dargaýar. Himiki durnuklylygy atmosfera agentiniň gatnaşmagynda, kislota we aşgarlara. kislota çydamlylygy we syrçalanmagy bilen häsiýetlendirilýär.

Keramiki materiallaryň himiki häsiýetlerine: kislota, aşgara, şlaklara garşy durmak ukybyna aýdylýar.

**Elektro-fiziki häsiýetleri:** Tehniki keramikanyň ähli görnüşleri üçin, elektroizalision we oda çydamly materiallaryň elektro-fiziki häsiýetleri olaryň ulanylşyny belgiläp berýär. Elektro-fiziki häsiýetlerine aşakdakylar degişli bolup durýar.

1. Elektrogarşylyk  $\rho = 1/\sigma$  om $\cdot$ cm (elektrikgeçirijilik  $\sigma$  om $^{-1}$ );
2. Üst göwrümi elektrik garşylygy  $\rho_v$ ;
3. Dielektrik siňdirilme  $\epsilon$ , bu siňdirilme temperatura koeffisenti (TK $\epsilon$ );
4. Dielektrik ýitgi (tg $\delta$ );
5. Elektrik berklik  $E_{berk.}$ , ölçeg birligi kwt/mm.

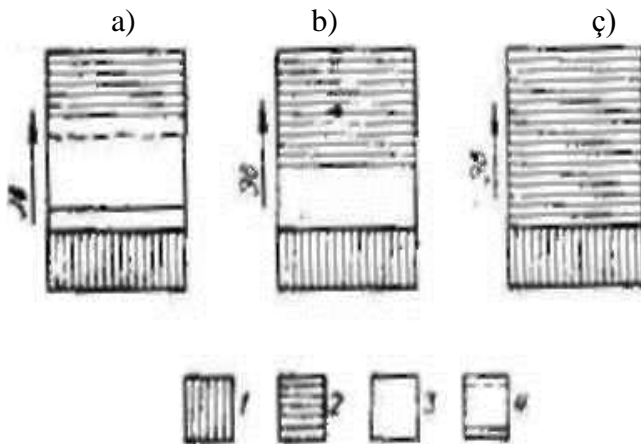
1. **Elektrik geçirijiligiň elektrogarşylygy** diýlende, taraplary 1cm bolan dörtburç materialyň gapma-garşy tarapyndan tok geçirýän garşylyga aýdylýar. Elektrogarşylyk aşakdaky formula bilen anyklanýar.

$$\rho_g = \frac{l}{b} R_g [OM] \quad (8)$$

l-elektrodyň uzynlygy, mm;

b-elektrodlaryň arasyndaki aralygy, mm;

$R_s$ -materialyň üst ýüz garşylygy, [om].



Surat. 3. Gaty jisimleriň nazary esasy zonalarynyň model gurluşy  
a–dielektrik; b–ýarymgeçirji; ç–geçirji  
1-walent zonasý; 2–geçiriji zona; 3–gadagan edilen zona; 4–aksentorna (---)  
donorly (-)deň.

2. **Üst göwrümlü elektrik garşylygy** diýip,  $1\text{cm}^3$  göwrümdaky materiallaryň gapma-garşy taraplaryndan tok geçýän garşylyga aýdylýar. Bu aşakdaky formuladan anyklanýar.

$$\rho_v = \frac{S}{h} \cdot R_g [OM.cm] \quad (9)$$

Bu ýerde,

S-elektrodyň meýdany,  $\text{cm}^2$ ;

h- elektrodларыň arasyndaky aralyk;

$R_g$  - materiallaryň umumy göwrüm garşylygy.

Bu häsiýetleri anyklamak üçin barlanýan materialyň diametri 100 mm ýa-da 50 mm bolan, galyňlygy 5 mm bolan nusga taýýarlanylýar. Bu nusga folgadan (ýalpyldawyk kagyz) togalak şekildäki elektrodlar ýelmeşdirilýar.

**3. Dielektrik siňdirilme polýarizasiýasy:** Elektrik meýdana (ýa-da kondensatora) dielektrigi girizsek, ol şol meýdan bilen täsirleşýär. Bu täsirleşme dielektrikdäki zarýadlanan hereketi arkaly amala aşyrylýar. Bu hadysalara harçlanýan energiýa

biraz berlen elektrik meýdanynda neýtrallaşýar. Şeýle-de, energiýanyň bir bölegi polýarizasiýa harçlanýar.

$$D = \epsilon_0 E + P = \epsilon E \quad (10)$$

bu ýerde,

D- elektriki zarýadyň umumy dykzlygy;

E- elektrik meýdanyň güýjenmesi;

P- polýarizasiýa;

$\epsilon$ - dielektriki hemişeligi;

$\epsilon_0$ -wakuumda dielektrik siňdirilme (howa).

Beýleki tarapdan, polýarizasiýany üst ýüzüniniň dykzlygyna zarýadlaryň baglanşygy bilen hem kesgitläp bolýar, materialyň göwrüm birliginiň doly pursadyna deň bolýar:

$$P = N\mu \quad (11)$$

bu ýerde,

N - göwrüm birligindäki meýdanyň sany;

$\mu$ - ortaça doly ýagdaýy.

Himiki elektroizalýasion materiallaryň dürli görnüşleri üçin polýarizasiýany şeýle belgiläp, aşakdaky mehanizmlerini ýüze çykarmak bolýar.

a) Elektrik deformasion polýarizasiýa  $P_0$ , elektriki meýdanyň täsirinde agram merkeziniň süýşmegine getirýär, ýagny otrisatel zarýadlanan elektrik diagonalynyň položitel zarýadlanan atom ýadrosynyň gatnaşmagydyr. Keramiki materiallar üçin bu mehanizmiň polýarizasiýasy häsiýetli däldir, ion baglanşygy bolup ol çalt emele gelýär.

b) Ion deformasiýasy ýa-da atom polýarizasiýasy  $P_i$ , keramika üçin häsiýetli, ion baglanşykly bolan, položitel (+) we otrisatel (-) zarýadlanan iondan özara gezekleýin ýerlerini üýtgetmegi bilen şertlendirilýär.

ç) Reaksion polýarizasiýa  $P_r$ , ionlaryň tertipsiz ýylylyk hereketini elektrik meýdany bilen gowşatmagynda ýüze çykýar

we meýdanyň ugruna artykmaç elektrondan çykyşy hasaplanylýar.

d) Giňişlikdäki zarýadyň polýarizasiýasy  $P_{\text{giň.zar.}}$ , munda polýarizasiýanyň obýekti bolup, hereketli zarýadlar çykyş edýärler. Olary haýsy hem bolsa bir bölümiň üst ýüzi ýa-da deffektleriň gurluşy bilen (zaýаланан) saklanýar. Netijede, olar elektrodlara ýetmän galýarlar we zarýadlary komponsirlenmän galýar.

e) Öz islegli polýarizasiýa  $P_{\text{ö.is.p.}}$ , daşdan meýdan goýulmazdan birmeňzeş ugrukdyrлан polýarizasiýaly domen bölümleriň emele gelmeginde ýüze çykarýar. Olarda segnetoelektrik we magnit materiallary seredilýär.

Dielektriki polýarizasiýany dolylygyna ýokarda sanalyp geçilen ululyklaryň jemi hökmünde görkezip bolýar.

$$P = P_e + P_i + P_r + P_{\text{giň.zar.}} + P_{\text{öz.is.}} \quad (12)$$

Keramiki dielektrikler himiki düzümini we dielektrik siňdirilmeginiň ululygynyň gurluşyna baglylykda üç topara bölünýar.

1. Pes dielektrik siňdirilme,  $\epsilon = 10$  çenli. Bulara arassa oksidleriň esasyndaky keramika  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  we beýlekiler dürli görnüşli keramika, aýna we başgalar degişlidir.

2. Orta dielektrik siňdirilme,  $\epsilon = 10 \div 1000$  aralykda bolýar. Şu titan toparyna, meselem,  $\text{CaTiO}_3$ ,  $\text{MgTiO}_3$  degişli.

3. Ýokary dielektrik siňdirilme,  $\epsilon \geq 1000$ . Bulara degişli  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{PbTiO}_3$ ,  $\text{PbZrO}_3$ .

Birinji topardakylar, esasanam, elektron we ion polýarizasiýa esaslanýar, adatça olar gurluşynyň häsiýetine bagly bolmaýar we uly bolmadyk ululyklara eýe bolýar. Materiallarda daşky meýdanyň bolmaýanlygy sebäpli, olarda bir jynsly polýarizasiýa erkin bölekleriň bolmagy bilen düşündirilýär. Bu topara degişli materiallary segnetoelektrik diýip atlandyrýarlar. Bularyň doly polýarizasiýasy we olary dielektrik geçirijiligini goýulan ýasama polýarizasiýasy bilen



kesgitlenýär. Ýasama polýarizasiýasy pes temperaturada bolýar, hatda käbir maksimal (ýokary) temperaturada bolýar, ony Kýuriň segnatoelektriki nokatlary diýip atlandyrýarlar. Görşümüz ýaly, temperaturalardaky atomlarynyň güýçli ýylylyk hereketi Kýuriň temperaturasyndan ýokary geçse, ionlaryň elektriki ýaçeýkalara tarap süýşmeginiň effektiniň dargamagyna getirýär. Elektriki meýdanynyň ýygylgy  $10^{10}$  1/sek çenli dielektrik geçirijilige has täsir edýär.

#### **4. Dielektrik siňdirilmän temperatura koeffisenti (TK $\epsilon$ ):**

Keramiki materialyň siňdirilmegi temperatura bilen bilelikde, polýarizasiýanyň häsiýetine baglylykda üýtgeýar. Adatça, dielektrikler ionly we elektron polýarizasiýali temperaturanyň ýokarlanmagy ionlaryň hereketiniň ýokarylygy bilen, kristal gözenegi, özbaşdaklygy we dielektrik siňdirilmäniň ýoklygy bilen bolup geçýär. Dielektrik siňdirilmegiň ululygynyň häsiýetleri keramiki mareriallaryň temperatura baglylygy iki topara bölünýär.

a)  $\epsilon$ -iň temperaturanyň göni baglanşygy;

b)  $\epsilon$ -ň ýiti göni däl baglanşyk (esasan, segnetokeramiki materialar).

Temperatura baglylykda (TK $\epsilon$ ), käbir ýagdaýda ionlaryň polýarlaşma üýtgemesi we maddanyň dykzlygynyň üýtgeме häsiýetine baglydyr.

$$TK\epsilon \approx \frac{\partial \frac{\Delta\epsilon}{\epsilon}}{\partial T} \quad (13)$$

**Magnit siňdirilme:** Berlen sreda-da wakuum bilen deňeşdirlende, magnit meýdanyň näçe esse güýçlenýändigini görkezýär. Goýlan magnit meýdanynyň täsirinde doly magnit zynjrlary emele gelýärler, polýarizasiýadaky elektrik meňzeşligi bolýar.

Diýmek, magnit akymynyň B (dykzlygyň elektrik zarýady D) şeýle çykarylýar.

$$B = \mu_0 H + M = M_1 H \quad (14)$$

bu ýerde,

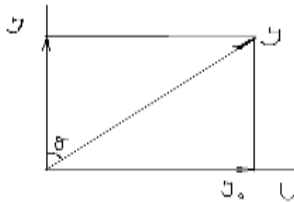
H- magnit meýdanyň güýjenmesi;

M- magnitlenme;

$M_1$ - materialyň magnit siňdirilmegi;

$\mu_0$ - wakuum magnit siňdirmesi.

**Dielektrik ýitgileri** (ýa-da dielektrik ýitgi burçy  $\text{tg } \delta$ ): polýarizasiýa keramikanyň esasy wajyp häsiýetleridir, radioelektroniki we elektrotehniki gullygy üçin ulanylýan materiallary dogry saýlap bolýar.



Keramiki dielektriklere elektrik togy täsir etdirlende, şu toklaryň bir bölegi dielektrigiň içinde ýitýär. Ýiten elektrodyň bir bölegi dielektrigiň düzüminde ýa- -da zarýadlaryň tok akyşy boýunça hereketlenşine sarp bolýar. Bu mukdar dielektrik ýitgini ölçeýär. Dielektrigiň içinde ýiten elektrik togunyň ikinji bölegi ýylylyk energiýasyna aýlanyp, dielektrigiň gyzmagyna sarp bolýar. Ýiten toklaryň mukdary dielektrik ýitgi  $\text{tg } \delta$  burçy bilen anyklanýar. Munda  $\delta$  burçy

Surat 4. Tokli sistemanyň diagrammasy  
toklaryň we güýçleniş (ugrukdyrlyşy) arasyndaky burçlary  $90^\circ$ -a bolýan burçdyr.

**5. Keramiki materiallaryň elektrik berkligi:** Keramiki materiallaryň elektrik berkligi diýip, goýberilen güýjenme täsirine garşy durýan ukybyna aýdylýar. Elektrik berklilik  $E_{\text{berk}}$  bilen belgilenýar.  $E_{\text{berk}}$  keramiki materiallary deşmek üçin gerek bolan güýjenmäniň mukdarydyr. Bu aşakdaky formuladan kesgitlenýär.

$$E_{berk.} = \frac{U_{nusga}}{L} mm^2 \quad (15)$$

bu ýerde,

L- barlanýan materialyň uzynlygy;

$U_{nusga}$ - barlanýan materialyň galyňlygy.

Elektrik berkligini anyklamak üçin diametri 100 mm, galyňlygy 5-10 mm disk taýýarlanylady. Radiusy 10 mm çuňlukdan ýasalýar. Şu nusganyň iň inçe ýeri 1-2 mm bolýar. Bu nusga olaryň garşysyna elektrod geçirýär. Ýokary woltly abzalyň içinde ýerleşdirilýar. Transformatoryň ýag guýlan kamerasyna ýerleşdirilýar. Nusga ýokary güýçli elektrod togy täsir etdirilýär. Nusga deşilýançä güýçlenşi köpeldýäris. Deşilen wagtyndaky mukdary nusganyň galyňlygyna bölýäris we elektrik berkligini tapýarys. Keramiki materialaryň elektro-fiziki häsiýetleri materialyň gurluşyna, olaryň düzümindäki çüýşe görnüşli maddalaryň mukdaryna we himiki düzümine bagly bolýar. Çüýşe görnüşli maddalaryň düzüminde  $K_2O$  köp bolsa,  $tg \delta$ -nyň mukdary şonça-da az bolýar (bu has gowly).

Çüýşe görnüşli maddalaryň içinde  $Na_2O$  köp bolsa,  $tg \delta$ -nyň mukdary hem köp bolýar (bu has erbet)

Keramiki materiallaryň düzüminde kristal materiallaryň köplügi materialyň elektrik garşylygyny köpeldýär (şeyle-de kristal maddalardan  $Al_2O_3$ , korund, mullit  $2Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ , apatit we başgalar).

### 1.5. Şekilini we ölçegini kesgitlemek

Keramika önümçiliginde spesifik aýratynlykda taýýarlanan önümiň şekiline bagly, başdaky paroşokdan we soňky ýakylma çenli resmileşdirilendir. Bu bolsa önümiň dogry oturdylmagyny başdaky ölçegi we gysarma derejesi bilen baglanşygyny şertlendirýär, tehnologiýada alnan giň araçägiň ululygy 15-20%-de bolýar. Ýakylanda önümiň ululygyny azaltmak üçin dürli tehnologiýa usullary bar. Dürli

ugurlardaky ýaýramagynyň deňgyrallygyny üpjün edýär, ol bolsa şekilini we ölçegini dogrylygyny saklaýar. Talap edilýän takyklygyny almak üçin käbir tehnologiýadaky işler ýeterlik bolmaýar. Ilki bilen ýokary takyklykda bolmagy, ölçegleriň onluk we ýüzlük paýlarynyň millimetrde önüme radioelektrik, energetik, konstruksiýa keramika üçin hödürlenýär. Bu ýagdaýlarda önümi tekizläp, ýylmanak edýärler(şlifleyärler). Preslenen önüm ýakylanda we guradylanda olaryň gysgarma (ýa-da giňelme) ululygy, aýratyn önüm üçin bu ululyk, bir önüm dürli ugurlarda berlen ölçegden gysarmasy bolup geçýär. Goýberilen ölçegdäki gysarma standart bilen baglanşyklydyr. Sýrçaly we gurlyşyk kerpiji üçin 3% golaý bolýar, oda çydamlylar üçin 1,5-2%; plitalar üçin hiline baglylykda 1-2% bolup bilýär. Tehniki keramiki önümler üçin bu gysarmalar millimetr paýyndan geçmeli däl.

## **2. Keramiki materiallary işläp çykarmagyň tehnologiýasy**

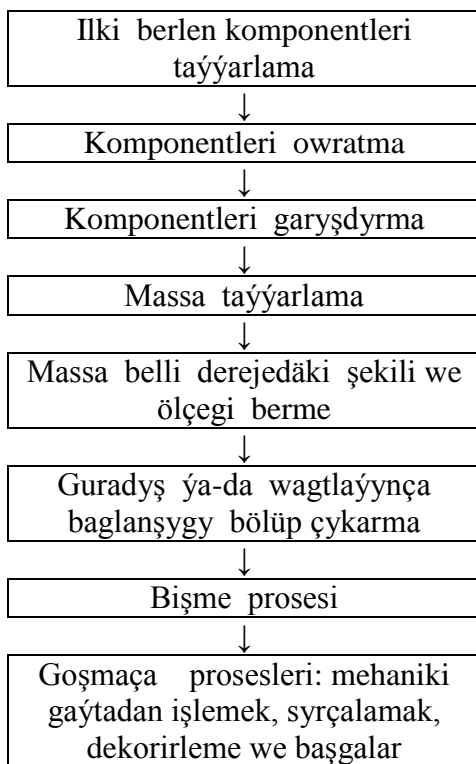
### **2.1. Keramiki materiallaryň esasy prosesleri we usullary**

**Ilki berlen komponentleri taýýarlamagyň esasy wezipesi:** Keramiki massanyň düzümine girýän komponentleri gaýtadan işlemek üçin zerur bolan himiki-mineralogiki düzümini talap etmek bilen gerekli derejede arassalamak, fiziki ýagdaýyny we çyglylygyny talap etmekden ybaratdyr. Bu bölümde materiallary baýlaşdyрма elektromagnit ýa-da elektrikler kömeginde bölmek, himiki arassalamak usullary, önünden owratmak, materialy gerekli çyglylyga çenli guratmak, ýakylanda düzümindäki uçýan maddalary aýyrmak, ilki ýakmak „spek“ emele getirýän wezipeleri degişli bolup durýar.

**Komponentleri owratmak:** Bu bölümiň wezipesi massanyň düzümine degişli komponentleriň tehnologiki prosesleri we önümleriň häsiýetleri zerur bolan ululyk-kiçili

däneleri maýdalap bermekden ybaratdyr. Üznükli we üznüksiz işleýän dürli-dürli maşynlar ulanylýar. Toýun we toýunsow materiallary suwuň kömeginde, olary emele getirýän minerallaryň ilkinji derejesine çenli owradylýar. Bular üçin garyşdyryjy basseýnlerde suw bilen gaýtadan işlenilýär ýa-da bolmasa suwuň kömeginde degirmenler ulanylýar.

Dürli keramiki materiallary işläp çykarmakda esasy we umumy bolan tapgyrlary bar.



Gaty maddalary owratmak üçin dişli owradyjylar, konusly degirmenler, begunylar, şarly degirmenler we başga abzallar ulanylýar.

**Komponentleri garyşdyrma:** Bu bölümi massanyň düzümine girýän her bir komponentleriň dänelerini başga

komponentleriniň arasynda bir tekiz dargamagyny, belli derejedäki himiki mineralogiki we dänelik düzümini kesgitleýär.

**Massa taýýarlama:** Bu bölümi massa belli fiziki häsiýetlerini bermelidir. Häsiýetlerine dykzlyk, süýgeşliklik, plastiklik we başgalar girýär. Massanyň bu häsiýetlerine, esasan, ulanylýan suwuň mukdaryna uly täsir edýär.

**Massa belli derejedäki şekil we ölçeg bermek:** Bu bölümde massa belli derejedäki şekil we ölçeg bermegiň dürli usullary bar. Bu usullaryň hemmesinde taýýarlanan önümleriň şekili we ölçegleri, olary guradylanda we bişirlen wagtyndaky emele gelýän kiçelmäni hasaba alan ýagdaýda taýýarlanylýar. Massa belli derejedäki şekili we ölçegi berilýän wagtynda çig mala belli derejedäki dykzlyk, olaryň gurluşynyň birmeňzeşligi, soňky tehnologiýa prosesleri üçin zerur bolan mehaniki berkligi üpjün etmeli bolýar. Şekil bermegiň aşakdaky usullary bar:

1. Üwelen ýa-da poroşok ýagdaýdaky massadan güýç bermek ýoly bilen galyplama (preslemek);
2. Plastik massadan galyplama, munda ulanylýan güýçleriň mukdary preslemeklikden az bolýar;
3. Suwuk ýagdaýdaky ýa-da şliker ýagdaýdaky massadan guýmak usuly, munda daşdan güýç täsir etmeyär ýa-da örän az güýç täsir edýär.

**Guradyş ýa-da wagtlaýynça baglanşygy bölüp çykarma:** Bu bölümde ýarym önümiň düzümindäki suwy bölüp çykarylýar. Eger-de berkidiji madda hökmünde organiki madda ulanylsa, olary aýyrmak üçin ýörite peçlerde bişirilýär. Bu prosesinde ýarym önümleriň berkligi artýar.

**Bişme prosesi:** Bu bölüm iň esasy bölümleriň biri bolup, munda ýokary temperatura täsirinde fiziki-himiki prosesleri emele gelip, materialyň düzümindäki kristal maddalar emele gelýär. Netijede, önümiň berkligi artýar we önüm özüniň eksplatasion häsiýetlerine eýe bolýar.

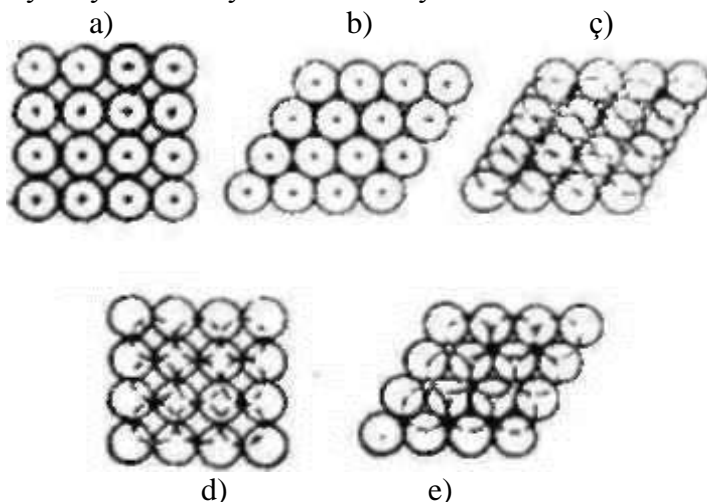
**Goşmaça prosesleri:** Ýokardaky bölümlerden soň alnan önümler, goşmaça prosesi talap edýär. Meselem, nusga önümler, olar ýokary berklige eýe bolanlygy üçin käbir tekiz däl ýüzüni tekizlemek üçin ýylmanak edilýär (polirowka edilýär). Önümiň ýüzüne berk ýapyşyp galmagy üçin şlifowaniýe (ýylmanak) jedilýär. Keramika we faýansdan ýasalýan önümler syrçalanýar (glazyrlanýar) we üstüne dürli bezeg işleri alnyp barylýar (gül goýmak işleri alyp barylýar).

## **2.2. Massaniň dänelik düzümi we massa düzümine girýän komponentleri owratmak**

Keramiki materiallaryň senagatynda ulanylýan massalaryň dänelik düzümine görä, iri öýjükli we ownuk öýjükli bolýar. Iri öýjükli massa düzümindäki öýjükleriň ölçegi 0,5-1mm we ondan hem ýokary bolýar. Ownuk öýjükli massanyň düzümine girýän hemme öýjükleriň ölçegi 0,05-0,1mm we ondan kiçi bolýar. 0,5-0,1mm ululykdaky ölçegleri keramika senagatynda ulanylýar. Bulardan başga ýokary dispersli massalar hem bolup, olaryň öýjükleri mikron we mikronlaryň birnäçe böleklerinden ybarat bolýar. Bu massalar tehniki keramikany işläp çykarmakda ulanylýar. Iri öýjükli massalar oda çydamly materiallar bolup, gurluşyk keramikasyny işläp çykarmakda ulanylýar. Bu massanyň bişme prosesinde olar gowy dykzylanmaýan iri öýjükleri fiziki-himiki proseslerde az rol oýnaýar, materialyň üýtgemeyän düzümini emele getirýär.

Ownuk öýjükli massalaryň keramiki, elektrotehniki keramikasy, faýans we başga önümleri işläp çykarmakda ulanylýar. Bu massanyň bişirilme wagtynda komponentleriň ownuklygy, olaryň biri-birine himiki täsirini we materiallaryň birleşmelerini ýeňilleşdirýär we bişme wagtynda uly göwrüminiň üýtgemegi emele gelýär (meselem, 10-20%-e çenli göwrüm gysylmasy bolmagy mümkin). Iri öýjükli

massalaryň ownuk öýjüklerini kesgitlemekde käbir fraksiýalaryň mukdary % -de berilýär.



Surat 5. Dürli görnüşli şarlaryň gaplary

a – kubik görnüşli; b – ýönekeý şahmat görnüşli; ç - ikili şahmatly; d – pramida görnüşli; e – tetragonal görnüşli.

Fraksiýa - 2-3 mm 60-65%, fraksiýa - 2-1mm 25-30%, fraksiýa - 1mm 10%. Ownuk öýjükli massanyň ownuklylyk derejesi käbir elekte galan galyndynyň mukdary bilen kesgitlenýär. Meselem, № 056 elekdäki galan galyndy 1,56 % diýip kesgitlenýär. Ýokary dispersli massanyň ownuklyk derejesi üst ýüzüniň mukdary S bilen ölçenilýär. Ölçeg birligi  $\text{cm}^2/\text{g}$ . Üst ýüzüne we öýjükleriň ortaça diametrleriň arasynda aşakdaky baglansyklarda bolýar.

$$D_{\text{or}} = \frac{60000}{\gamma S} \quad \text{mk}, \quad (1)$$

$D_{\text{or}}$  - öýjigiň ortaça diametri;

S - üstki gatlagyň mukdary;

$\gamma$  - materialyň hakyky dyklyzlygy,  $\text{g}/\text{cm}^3$ .



Keramika senagatynda ulanylýan, dürli görnüşdäki ulylyklarda ulanylýan öýjükleriniň mukdary massanyň birlikme derejesine uly täsir edýär.

Poroşok ýagdaýdaky massany birikdirlende, gowaklygy (oýuklygy) azalmagy üçin ýerleşmeginiň iki sany esasy bölümi bar:

1. Üznüksiz ýerleşşi, bular ýaly massanyň düzüminde iň ýokary öýjükden iň kiçi öýjüğe çenli bolan hemme ölçegdäki öýjüklere bölünýär.

2. Üznükli ýerleşende, bu massanyň düzümindäki iň uly we iň kiçi öýjükleriň arasyndaky belli ölçegdäki öýjükleriň massa düzümine girmeyär.

Bular ýaly üznükli ýerleşýän massalaryň düzümine owradylan öýjükleriň mukdary bir azrak köp bolýar. Iri öýjükleri emele getirýän gowaklaryň (oýuklaryň) dolmagy üçin ýeterlik derejede bolmalydyr.

Massanyň üznüksiz ýerleşmegi üçin fraksiýalaryň optimal gatnaşygyny Andersonyň aşadaky formulasyndan peýdalanylýar.

$$V=100\left(\frac{d}{D}\right)^q \quad (2)$$

bu ýerde,

V- diametrden kiçi däne fraksialaryň düzümi;

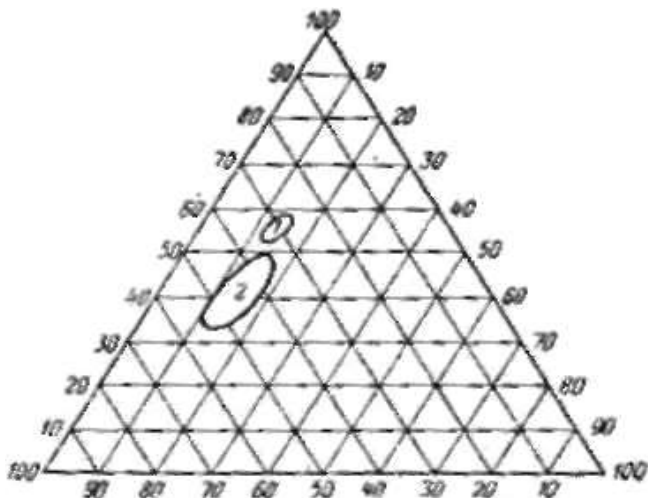
D- fraksiýanyň ölçegi;

q- dereje görkeziji;

q- poroşogyň birmeňzeş däl ýerleşişini hasaba alyş koeffisienti;

q = 0,33 - 0,5 töwereginde bolýar.

Keramika senagatynda massanyň dänelik düzümi uly ähmiýete eýedir. Çünki dänelik düzümine görä, galyplanan öýjükleriň dykzlygy dürli bolmagy mümkin, bu dykzlyk häsiýetleriniň görnüşine täsir edýär. Her bir önüm üçin aýratyn dänelik düzümi saýlap alynýar.



Şamodyň inçe fraksiýalar, %

Surat 6. Üçfraksiýaly massanyň dykz ýagdaýdaky maksimal bölümi  
1- optimal düzümi, „ideal“ porşokly sistema; 2- oda çydamly köpşamotly  
massanyň tipiki düzümi

## 2.3. Materialy owratmak

Toprak we topraksow maddalary owratmak üçin dişli owradyjy wallarda ýa-da ýonyjylarda (strukaç) owradyp, guradyjy barabanlarda guradylýar. 10-12% çyglylyga çenli guradylýar. Soňra dezintegratorlanýar we owradylýar. Dezintegratorlananda owradylan iň kiçi fraksiýa 2-3 mm bolup 0,5 mm fraksiýanyň mukdary 80% emele getirýär. Gaty daşsow materiallar dişli ýa-da konusly owradyjylarda owradylýar. Olarda fraksiýanyň ölçegleri 10-15 mm – den 25-30 mm çenli bolýar. Bu materiallary ortaça ýagdaýda owratmak üçin ( iň uly ölçegi 2-3mm bolan) begunylar ulanylýar.

Iň ownuk ýagdaýda owratmak üçin (1mm-den pes ýagdaýda owratmak üçin) şarly degirmenler ulanylýar. Keramiki materiallary işläp çykarmakda tapgyrly dänelik düzümine eýe bolan massalary hem işläp çykarýar (aralyk fraksiýalar gatnaşmaýar).

Keramika senagatynda çig maly owratmak prosesinde, owratmak üçin abzallary dogry saýlap almak gerek bolýar. Bu materiallary owradylanda, owratma prosesiniň kinetikasyny öwrenmek zerur bolýar. Owratmak kinetikasynyň mukdaryny kesgitleýän formulalaryň biri Towarow formulasydyr. Towarow formulasy boýunça  $\tau$  - wagt owradylandan soň, iň uly öýjükleriň mukdaryny görkezýär.

$$R_{\tau} = R_0 \cdot e^{-km} \quad (3)$$

bu ýerde,

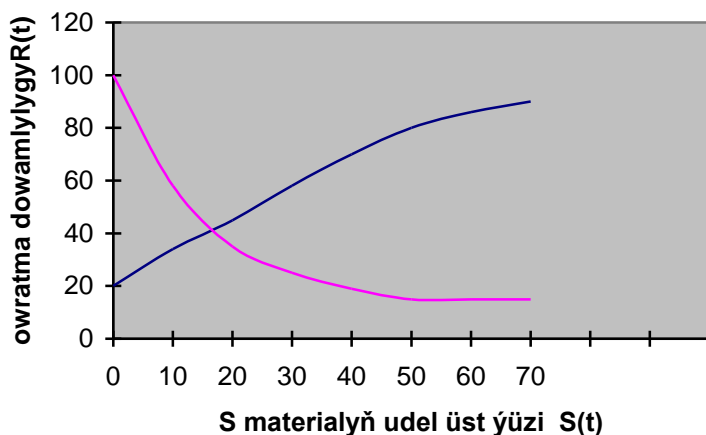
$R_{\tau}$  -  $\tau$ - wagt owradylandan soň, iň uly öýjükleriň mukdaryny görkezýär;

$R_0$  - owratmagyň başdaky iň uly öýjükleriniň mukdaryny görkezýär;

$k$  - owratmagyň otnositel tizligini häsiýetlendirýän koeffisienti;

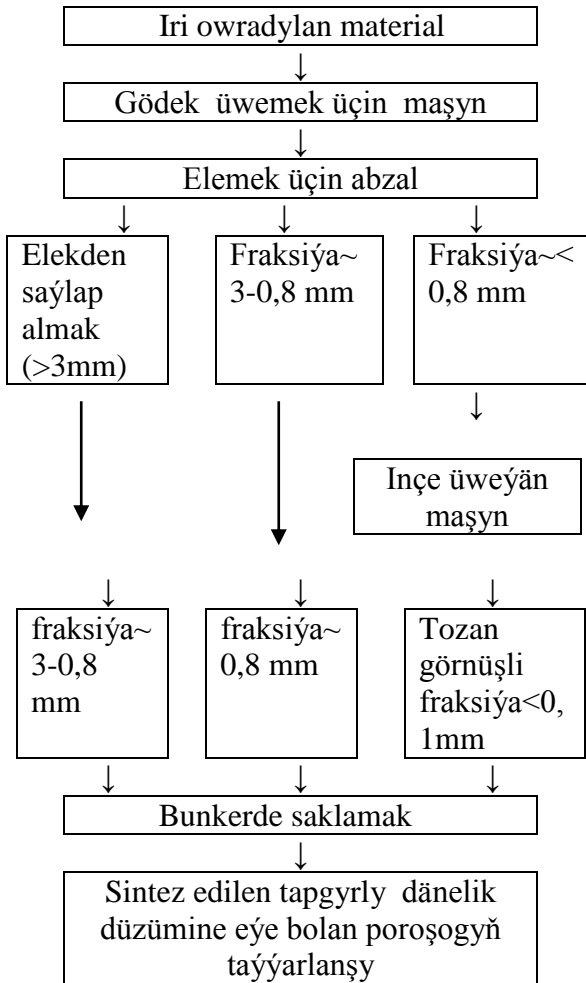
$m$  - şu otnositel tizliginiň wagt geçmegi bilen üýtgemegini görkezýän koeffisienti.

Üst ýüzüniň owradylmasy başdaky mukdaryna baglydyr. Wagtyň geçmegi bilen üst ýüzi artyp barýar we ýokardaky formulanyň mukdarybolsa azalýar.



Surat 7. Periodiki hereketlenýän degirmeniň owratma prosesiniň knetiki häsiýetnamasy

## Materialy owratmagyň tehnologiýa çyzygy



Bu deňlemeden owratma wagtyna görä, iň uly öýjükleriň mukdarynyň azalmagyny anyklamak mümkin. Owratma prosesinde üst ýüzi artyp barýar. Bu üst ýüzüniň artyp barmagy birnäçe faktorlara baglydyr.

1. Üst ýüzüniň artma tizligi;
2. Wagta bagly bolmagy.

Udel üstüň üýtgemeginiň kinetikasyny L.P.Karpilowskiý deňlemesini häsiýetlendirýär:

$$S_{\tau} = S_0 + \frac{b\tau}{c\tau + 1} \quad (4)$$

bu ýerde,

$S_{\tau}$  -  $\tau$ - wagtdan soň udel üst ýüzi;

$S_0$  - üwemededen öň udel üst ýüzi;

$c, b$  - owratma prosesini häsiýetlendirýän koeffisientler;

$\tau$  - owratma wagt.

## **2.4. Komponentleri garyşdyrmak we keramiki massany taýýarlamak**

Iri we ownuk öýjükli massalary dürli usullar bilen taýýarlaýarlar. Iri öýjükli massany taýýarlamak üçin gury ýagdaýda owradylan komponentleri garyşdyrýarlar we ölleýärler. Komponentleri üznüksiz işleýän wintli peri bar, garyjyda garylýar. Garyşdyrmak üçin begunylar ulanylýar.

Iri öýjükli massa plastik we poroşok (üwelen) ýagdaýda bolanlygy üçin olary taýýarlamak iki usulda alnyp barylýar.

3. Massany wakuumpresde gaýta işlenende, aşakdaky wezipäni ýerine ýetirýär.

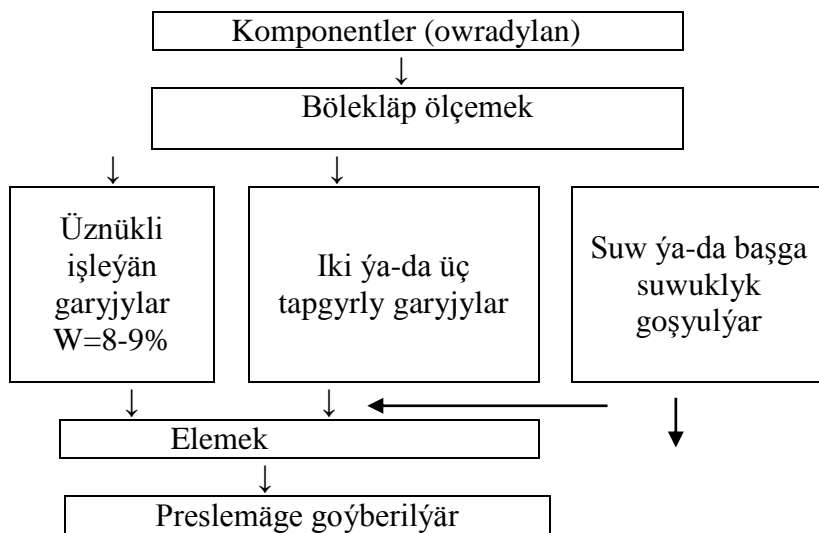
1. Massanyň çyglylygy we dänelik düzümi hemme ýerde birmeňzeş bolýar;
2. Massanyň düzümindäki howa sorup alynýar (howanyň mukdary wakuumlamakdan öň 5-10%, wakuumlanandan soň 1-2%);
3. Massany wakuumlamak netijesinde, onuň plastik häsiýetleriniň gowulanmagy galyplanşyna bagly bolan birnäçe zaýalanmalary (braklary) aradan aýrylýar. Ýarym önümiň

dykzlygy we berkligi artýar. Taýýar önümiň berkligi artyp, käbir häsiýetleri gowulanýar.

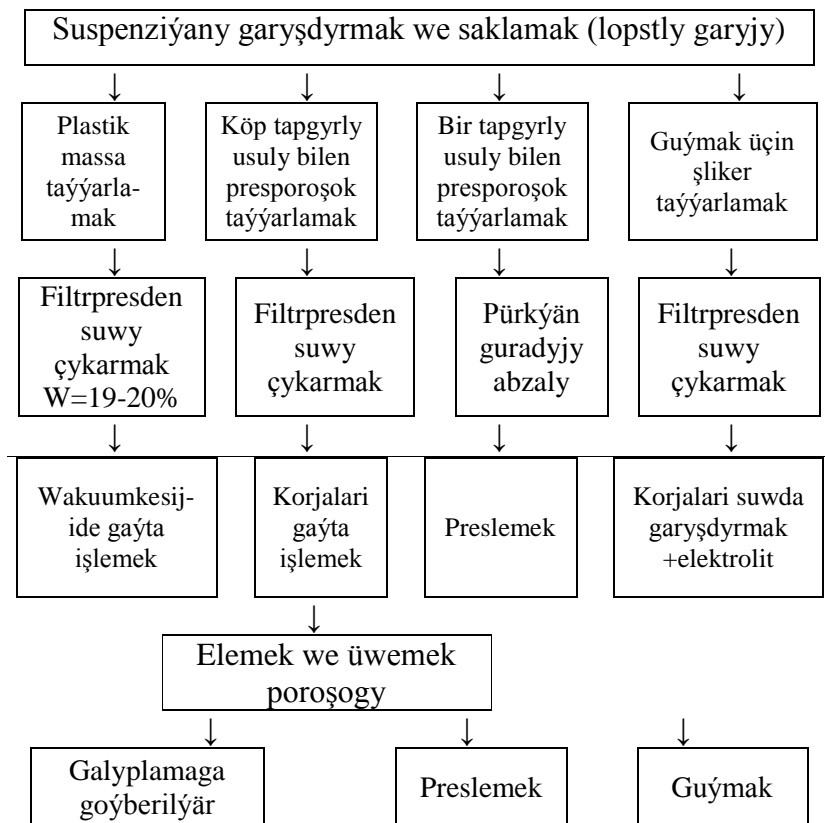
1. Iri öýjükli plastik massa taýýarlamagyň tehnologiýa çyzygysy:



2. Poroşok ýagdaýdaky massany taýýarlamagyň tehnologiýa çyzygysy



## Ýuka öýjükli massany taýýarlamagyň tehnologi shemasy



### 2.5. Keramiki önümleri şekillendirmek we gaplamak prosesi

Keramiki önümleri işläp çykarmakda, ulanylýan dürli massalaryň umumy häsiýetnamasy bolýar. Olara gaty, suwuk, gaz görnüşli maddalaryň mukdaryna gatnaşygy we ulgamyň dykzlygyna degişli bolup durýar.

1. Umumy häsiýetnamasyna berkidiji suwuk maddalaryň görterim hasabynda alnan mukdary degişli bolýar. Munda

suwuk maddanyň mukdary, göwrümde "L" ýa-da massasy "W" görä alynýar.

Bu görkezijiler suwuk madda mukdarynyň gaty we suwuk maddalaryň mukdaryna gatnaşygy ýa-da suwuk maddalaryň göwrüm gatnaşygynda alynýar.

Suwuk maddalaryň göwrüm mukdary aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

$$L = \frac{W\gamma_{gat.}}{(100 - W)\gamma_{suw} + W\gamma_{gat.}} 100\% \quad (5)$$

Suwuk maddanyň massa agyrlygyna görä aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

$$W = \frac{L\gamma_{suw}}{(100 - L)\gamma_{gat.} + L\gamma_{suw}} \quad (6)$$

2. Umumy dykzlygy olaryň massasynyň göwrüm gatnaşygy bilen kesgitlenýär:

$$\rho_u = \frac{m}{v} \quad (7)$$

Massanyň düzümindäki mineral maddalaryň dykzlygy aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

$$\rho = \rho_u \left(1 - \frac{W}{100}\right) g / cm^2 \quad (8)$$

3. Gatylyk koeffisienti ( $K_{gat.}$ ) diýip, materialyň dykzlygynyň onuň hakyky dykzlygyna bolan gatnaşygyna aýdylýar.

**Keramiki ýarym önümiň gurluşyna aşakdaky talaplar goýulýar.**

1. Jebisleşme derejesi ýeterli we hemişe bolmagy zerurdyr;
2. Birmeňzeş dykzlygyň derejesi ýarym önümiň düzümindäki käbir abzalladaky dykzlygyň gatnaşygy ýa-da tapawudy bilen kesgitlenýär.



Dykyzlygyň dürli bölümlerinde birmeňzeş dälligi, bişýän wagtynda emele gelýän gysgarma derejesiniň dürli bolmagyna alyp gelýär, bu bolsa dürli jaýryklaryň emele gelmegine ýa-da ýarym önümleriň deformasiýasyna alyp barýar.

3. Materiallaryň gurluşynda kemçilikler (defektler) bolmaly däl, çünki olar guratma we bişme wagtynda jaýryklaryň emele gelmegine alyp gelýär;

4. Ýarym önümler ýeterlik derejede mehaniki gatylyga eýe bolmagy zerurdyr. Şekillendirmäniň aşakdaky usullary bardyr:

1. Plastik usulynda massany şekillendirmek;
2. Poroşok görnüşli massadan dürli usullar bilen preslemek;
3. Suwly suspenziýa görnüşli massadan gipsli şekillere guýmak usuly;
4. Plastifikatorlanan massadan ýyly ýagdaýda guýmak usuly;
5. Hidrostatiki preslemek usuly;
6. Grafit formalarda ýokary temperaturada preslemek usuly.

## **2.6. Plastik usulynda massany şekillendirmek**

Plastik usulynda önümi şekillendirmek üçin ulanylýan massanyň çyglylygy 18-20% töwereginde bolýar. Plastik usulynda massany aşakdaky usullar bilen şekillendirmek alnyp barylýar.

a) Ýarym awtomatyň kömegi bilen massanyň bir bölegini gips galybyna salyp, şablonyň kömegi bilen galyplanýar. Munda massa gips galyby bilen şablon arasynda ýaýrap, içki şekiline eýe bolýar. Munda şablonyň basyş güýji we gips galybynyň aýlanma tizligi hemişe birmeňzeş bolmalydyr.

b) Plastik ýagdaýdaky massa wakuumpresiň kömeginde gaýta işlenýär. Pres muntşukdan massany ýahna ýagdaýda çykarylýar. Bu massanyň kese-kesiminiň ölçegleri galyplanan

önümiň ölçegine deň bolup, awtomat pyçaklaryň kömeginde belli galyňlykda kesilýär.

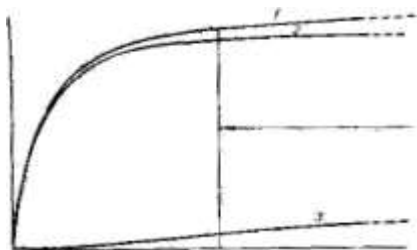
ç)Plastik ýagdaýdaky massadan kyn şekile eýe bolan önümleri fraksion presleriň kömeginde ýa-da bolmasa, ýörite galyplarda taýýarlanýar. Bu oda çydamly materialar üçin ulanylýar.

## **2.7. Poroşok ýagdaýdaky massany preslemek**

Poroşok ýagdaýdaky massadan gury (çyglylygy 6% çenli), ýarym gury (8-10% çenli) ýagdaýdaky poroşokdan preslenýär. Munda bir taraplama preslemek ýa-da iki taraplama preslemek usullary ulanylýar. Bir taraplama preslemek usulynda preslenýän güýç bir tarapdan berilýär. Bu usul bilen galyplanan önüm bir meňzeş dykzlyga eýe bolmaýar. Preslemäge ýakyn poroşogyň gatlagy köpräk dykzlanýar we netijede önümiň berkligi az bolýar.

Iki taraplama preslemek usuly her iki tarapdan preslenýär. Bu usuly bilen ýarym önüm görnüşinde bolandan, öňki bir taraplama preslemek usulyna garanda önüm gowrak bolýar. Ýarym önümiň dykzlygy bir tekiz bolýar. Bu usulda galyplananda ýarym önümiň içinde howanyň bir bölegi gysyp çykarylman galýar. Bu kemçiligi aýyrmak üçin presleýän güýç birnäçe tapgyrda alnyp barylýar. Şonuň üçin preslemek usulynda bir tapgyrly we köp tapgyrly preslemek usullary bardyr. Köp tapgyrly preslemek usulynda umumy presleýän güýç birnäçe tapgyrda alnyp barylýar.

$$P=P_1+P_2 ; \quad P_1=(\frac{1}{3} \div \frac{1}{4})P; \quad P_2=(\frac{2}{3} \div \frac{3}{4})P$$

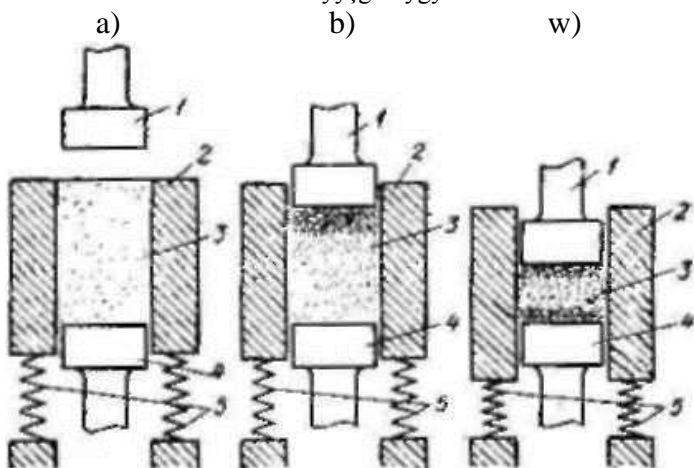


Preslenende gysylma deformasiýasy

### Owradyp preslemek

Surat 8. Poroşok ýagdaýdaky massany preslemegiň deformasiýa häsiýetiniň sistemasy

- 1- gysylmanyň umumy prosesi; 2- basyş aýrylandan soňky galyndy;  
3- maýyşgaklygy



Surat 9. Iki taraplama gozganýan formada preslemegiň shemasy

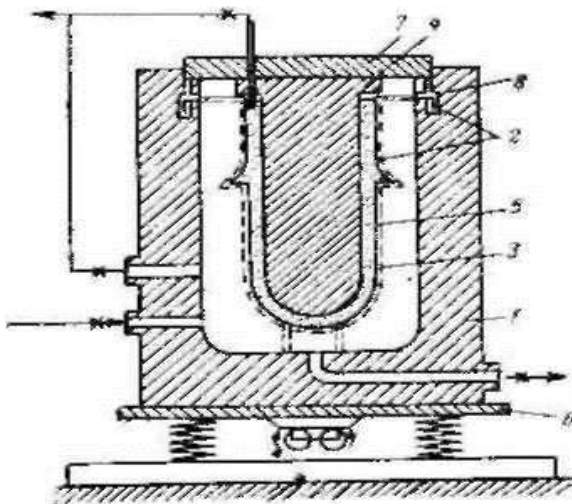
- a)- sepelenen görnüşi; b- başlangyç hereketlenýän forma; b – ahyryna çenli gysmak; 1 – presleýji enjam; 2- hereketlenýän forma; 3- preslenýän massa;  
4- gozganmaýan enjam; 5- pružin

Bular ýaly usulda preslenýan güýjiň birinji tapgyrynda goýberilende, birnäçe sekundyň dowamynda preslemek saklanylýar. Bu wagtda poroşogyň düzümindäki howa daşary çykarlyp goýberilýär. Mundan soň preslenýan güýjüň ikinji bölegi goýberilýär.

Köp tapgyrly preslemek usuly ulanylanda, alnan ýarym önümiň dykzlygy bir meerde bolýar. Onuň berkligi hem ýokary bolýar. Bular ýaly önümi guradyp, ýakylandan soňky häsiýetleri hem bir azrak ýokary bolýar.

## 2.8. Hidrostatik preslemek usuly

Gidrostatik preslemek usuly porosok ýagdaýdaky massany her taraplama tutuş göwrümi boýunça bir meerde basyş astynda, suwuklygyň kömeginde preslemäge esaslanandyr. Bu usuly bilen alnan önümümiziň tutuş göwrümi boýunça birmeňzeş dykzlyga eýe bolýar. Bular ýaly birmeňzeş dykzlygyn başga usullar bilen emele getrip bolmaýar. Gidrostatik presleme basyşy ýarym önümiň göwrümi, şekili, ölçegleri gerek bolan dykzlygy ulanylýan presparoşogyň häsiýeti, ol poroşogyň ýelmeşmegine bagly bolýar. Bu basyş birnäçe ýüzden birnäçe mün  $\text{kg/m}^2$  emele getirýär.



Surat 10. Ýokary woltly kondensatoryň gidrostatik preslemek üçin enjamyň shemasy

- 1- içki kamera; 2 - rezin forma; 3- karkas; 4 - ýürejik ýerleşdirlen;  
5 - presparoşok; 6- formany deňlemek üçin yrgyldy meýdany; 7- gapak;  
8- dykyzlandyrmak

Izolirlenen giňişligi içki kameranyň wakuum setine birikdirilýär, atmosfera basyşy rezin forma bilen karkasyň kömeginde gysylýar. Forma ýürejik ýerleşdirilen içini taýýarlanan, ýagny niýetlenen ýerine presporoşok sepilýär. Yrgyldy meýdany doldurylan meýdana deňleşýär. Formanyň gapagy ýapylýar we presporoşok dykylzanýar. Wakummlanandan soň, poroşogyň hemme tarapyny gysmak ýoly bilen suwlar kamera düşýär we önünden wakuum setden aýrylýar. Soňra basyş aýrylandan soň suwy goýberýärler hem-de içki giňişlikden rezin formadan wakuum gapagy aýrylýar we presi gowşadýarlar.

### **3. Gurluşyk keramikasynda ulanylýan çig mallar**

#### **3.1. Toýun we onyň häsiýetleri**

Toýun diýlende, ownuk öýjükli köp minerallaryň garyşmasyndan ybarat bolan we suw bilen garylada hamyr görnüşli massa emele getirip, daşky güýç täsirinde berilen şekili kabul edýän, guradylanda şekilini saklap galyp, ýakylanda daş ýaly gaty madda öwrülýän materiallara aýdylýar. Toýun bu dürli görnüşdäki dag jynslarynyň fiziki, fiziki-himiki prosesleriň täsirinde ýemirlişi netijesinde emele gelýär. Eger-de toýun dag jynsynyň ýemirlişi netijesinde şu ýeriň özünde önümiň çökmegi netijesinde emele gelse, bu toýuny birlemçi diýip atlandyrýar. Eger-de dag jynsynyň ýemirlendäki önümleri şemal, suw we başga zatlaryň täsirinde başga ýere göçüp baryp çökmegi netijesinde emele gelse, bu toýuna ikilemçi toýun diýilýär.

Toýunyň düzümine girýän maddalar iki topara bölünýär:

1. Toýuny emele getirýän minerallar;
2. Goşmaça maddalar.

Eger-de toýunyň düzüminde bir sany toýuny emele getirýän maddalar bolsa monamineral toýun diýip

atlandyrylýar. Eger-de toýunyň düzüminde iki we ondan köp bolsa polimineral toýun diýilýär. Toýuny, esasan, toýuny emele getirýän minerallary emele getirip, bu minerallar, esasan, gidroalýumosilikatlardan ybarat bolup, onuň umumy formulasy aşakdaky ýaly bolýar:



m,n,p - rasional sanlar bolup, olar toýuny emele getirýän minerallaryň görnüşine garap üýtgeýär. Bu minerallaryň kristalik gözenegine K, Na, Mg, Ca, Fe elementleri hem degişli bolýar.

Toýunlaryň gelip çykyşy dag jynslarynyň fiziki dargamagyndan alynýan esasy önüm bolup durýan çägeden tapawutlylykda, toýunlar goşmaça himiki taýdan dargadylan, ýagny fiziki taýdan dargan magmatiki jynslara suw we uglekislotanyň himiki täsiri bilen alynýan önüm bolup durýar. Turşy magmatiki jynslar himiki taýdan dargadylanda, onuň esasy komponentleri meýdan şpatlary we slýudalary bolup durýar, olar gidroslýudalary we kaolinit emele getirýär. Bu proses birnäçe tapgyrda geçýär we ýeriň beýik giňişliginde gidroslýudalary, ortaça giňişlikli kadaly çygly zolaklarda kaolinitli, yssy we subtropiki klimatda alýuminiý, demir we kremniýniň erkin okislerini emele getirmek bilen tamamlanýar. Darganda esasy we ultraesasy magmatiki jynslar montmorillonit minerallary emele getirýär, käwagt bolsa opally we karbonatly minerallary döredýär. Aşakda toýunly jynslaryň esasy tipleri getirilýär. Kaoliniň toýunlary kuwwaty, uly bolmadyk gatlaklar we linzalar görnüşinde ýerleşýär. Olar gidroslýudaly we montmorilonitli minerallar, karbonatlar, sulfatlar we başgalyr özünde saklaýar.

Bu toýunlar ala ýa-da gyzyl reňkli gödek dispersli bolýar. Buzlukdaky toýunlar moren galyndylarynda düş gelinýär. Olara, esasan, gödek bölünen materiallary (çäge, uly daş, galka,) özünde köp saklaýan suglinka (şykgy) diýlip

atlandyrylýan materiallar degişli bolýar. Toýunyň reňki gyzyl ýa-da goňur gyzyl bolýar. Mineral düzümi boýunça bu toýunlar gidroslýudaly we hloritli bolýar. Toýunlar granulometrik, mineral düzümi we reňki boýunça dürli bolup durýar. Olar, esasan, çägeli we tozan görnüşli hem-de dag jynslarynyň bölekleriniň garyndysyny öz düzüminde saklaýar. Olara derýanyň eteginde, jülgelerde, gaýalarda we dag eteklerinde duş gelmek mümkin. Bu toýunlar polimineral bolup, olarda toýunsow materiallardan başga-da, köp dürli toýunsyz minerallar bolýar. Toýunlar derýanyň kenarlarynda gatlaklanyp galan çökündilerde bolýar. Bu toýun görnüşli çökündiler derýa suwunda köp bolýar. Şol sebäpli toýunly gatlaklaryň tozan görnüşli we çägesow galyndylary gatlaklanyp ýygnaýar, linza görnüşinde we az kuwwatly gatlak görnüşinde çökýär. Bu toýunlaryň mineral düzümi dürli bolup, hemişelik dälidir.

Toýunlaryň mineral düzümi ýokarda beýan edilen toýunlardan silikat kerpiç zawodlary üçin ýuwulyp, dürli ugurlardan gelýän materiallar garyşanda we maddalaryň differensiýasyna, ýeterlik kämilleşdirmek ýagdaýlarynda emele gelýän polimineral toýunlaryň ähmiýeti has uludyr. Olar derýa jülgelerinde we köllerde, dag kertlerindäki ýapgytlarda çökündileri giňden ýaýrandyr. Bular ýaly toýunlaryň jynslary döredýän esasy minerallaryna kaolinit, montmorlonit, gidroslýudalar, kwars, slýuda bolup durýar. Esasan, polimineral toýunlarda 2-3 sany esasy toýunly mineral we birnäçe ikinji derejeli glýukonat hloritler, hem-de karbonatlar, sulfatlar we sulfidler, demriň we marganesiň okisleri we gidrookisleri bolýar.

Toýuny emele getirýän minerallar aşakdakylar ýaly bolýar:

1. Kaolin topary, bu topara kaolinit, nikrit, dikkit degişli bolup, olaryň umumy formulasy  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Bularyň içinde iň köp ýaýran kaolinit hasaplanýar. Kaolinit suwda azajyk bükülýär, adsorbsiýalanýş ukyby, gowşaklygy azrak

bolýar. Kaolinit köp oda çydamly, kyn suwuklanýan toýunyň düzümine girýär.

2. Galluzit topary, muňa galluzit, ferrogalluzit, metogalluzit degişli bolup, umumy formulasy  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Galluzit kaolinit we kaolinli toýunda kaolinit bilen duş gelýär. Kaolinite görä, galluzidyň dispersligi ýokary we adsorbsiýalanyş ukyby hem ýokary bolýar.

3. Montmorillonit topary,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (3-5)\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  toparyndaky minerallar köp ýeňil ereýän toýunyň düzümine girip, dispersligi we gowşaklygy ýokary bolýar. Olaryň birikdirmekde, guratma we ýakmana duýgurlygy has ýokary bolýar.

4. Hidroslýuda topary, muňa gillit, gidromuskabit,  $\text{K}_2\text{Al}_2(\text{Si}_3\text{Al})_{10}\text{O}(\text{OH})_2$  degişli, bu minerallar slýudanyň dürli mukdardaky emeli birikmeleri hasaplanýar. Bu topara minerallaryň ýeňil ereýän toýun bolup, disperslik derejesi iň ýokary bolýar.

5. Monotermit topary, umumy formulasy  $0,2(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca}, \text{Mg})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ .

Monotermit oda çydamly toýunyň düzümine girýan kaolinit bilen bile duş gelýär. Kaolinite garanda, suwda бүкүlmegi we süýgeşikligi ýaly häsiýetleri ýokary bolýar. Bu minerallar näçe köp bolsa, toýunyň häsiýetleri şonça-da gowy bolýar. Toýunyň düzümine bulardan başga goşmaça maddalar hem girýär. Goşmaça maddalar näçe köp bolsa, toýunyň häsiýetleri erbetleşýär. Toýunyň düzüminde duş gelýän goşmaça minerallara aşakdakylar girýär. Kwarsly gum, hek daşy slýuda, demir birikmeler, karbonatlar, sulfatlar we organik birikmeler girýär. Kwarsly gum toýunyň gowşaklygyny we birikdirmе häsiýetini azaldýar. Guradylanda we ýakylanda gysgarmagy azalýar. Guradylanda duýgyrlygy azalýar. Toýunyň duýgurlygynda kwarsly gum 60% çenli barmagy mümkin. Demir birikmeleri demir gidroksidleri, demir karbonatlary bolan demir oksidleri görnüşinde bolýar. Demir birikmeleri olaryň mukdary we ownuklyk derejesine görä, toýunyň reňkini



sary reňkden dok goňur reňke üýtgeýär. Ýakylanda goňurdan tä gyzyly reňke çenli üýtgeýär we toýunyň ereme temperaturasy peselýär. Eger-de bu birikmeler iriräk öýjükli bolsa ýakma netijesinde toýunyň ýüzünde gara dagal emele gelýär.

2. Goşmaça maddalar:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  toýunyň düzüminde bolsa bu toýundan taýýarlanan önümler ýakylandan soň, tizliki häsiýeti bozulýar, çünki  $\text{CO}_3$ -lar ýakylanda emele gelýän  $\text{CaO}$  töweregindäki çyglylygyny  $\text{Ca(OH)}_2$  emele getirýär. Bu gidroksidler önümleriň bozulmagyna alyp gelýär. Bu karbonatlar toýunyň oda çydamlylygyny bişme temperaturasynyň aralygyny azaldyp goýberilýär.

Gips  $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  gips, esasan, ýeňil ereýän toýunyň düzüminde duş gelýär. Gips hem toýunyň häsiýetlerini erbetleşdirýär we bulardan başga-da, toýunyň düzüminde K, Mg, Ca, Na elementleri suwda ereýän karbonatly we sulfatly duzlaryň bolmagy mümkin. Bu duzlar hem toýunyň düzümini erbetleşdirýär.

K bilen Na-niň duzlary toýunyň düzüminde köp mukdarda bolsa, toýun „zybkat” diýen häsiýetini köpeldip barýar. Ondan başga-da oda çydamlylygyny we bişme temperaturasyny peseltýär. Toýunyň düzüminde organiki maddalar hem bolýar, bu organiki maddalaryň düzüminde 2-3% bolup, ýakylanda ýanyp gidýär. Bu organiki maddalar toýunyň reňkini dürli reňke üýtgetmegi mümkin, ýöne ýakylanda bu maddalardan galyndy galmaýar. Toýunyň esasy häsiýetlerine onuň gowşaklylygy we birikme ukyby, guradylanda we ýakylanda gysgarmagy guratmaga, ýakmaklyga duýgyrlygy we beýlekilere degişli bolup durýar. Berkligi toýunyň häsiýetlerini, ony nirede ulanmak mümkinligini belgiläp berýär.

Toýunyň görnüşleri disperslik derejesine görä aşakdaky ýaly bolýar:

1. Ýokary disperslik toýunyň düzüminde 1 mikrondan az bolan toýunyň mukdary 60% -den az bolýar;

2. Dispersli toýun 1 mikrondan kiçi bolan öýjükleriň mukdary 20-60% töwereginde bolýar;

3. Iri dispersli toýun 1 mikrondan uly bolan öýjükleri 20% -den az bolýar.

Toýunyň düzüminde 5-0,15 mm-e çenli bolan öýjükler gumly öýjükler hasaplanýar. 0,15-0,005 mm çenli bolsa tozansow öýjükler bolýar. <0,005 mm – -den kiçi öýjükler palçykly öýjükler hasaplanylýar.

Plastiklik derejesine görä aşakdaky ýaly bolýar:

1. Plastikligi iň ýokary bolan toýunyň plastiklik sany >25-den ýokary bolýar;

2. Ortaça plastiklige eýe bolan toýunyň plastiklik sany 15-25 çenli bolýar;

3. Az plastiklige eýe bolan toýunyň plastiklik sany 7-den az bolýar;

4. Plastik däl toýun, muňa hamyr görnüşi emele getirmeyän toýunlar degişli bolup durýar.

Plastiklik bolsa toýunyň düzümine degişli maddalaryň dürli mukdary, olaryň irilik derejesine hem-de goşmaça maddalaryň mukdaryna bagly bolýar.

Keramiki materiallaryň berkliginiň ýokarylygy uzak wagta çydamlylygy, ymaratyň hemme ýerinde ulanmak mümkinçiligi we başga materiallardan aýratyn durýar. Olardan başga-da gurluşyk keramikasy üçin ulanylýan çig mal tapylýar. Gurluşyk keramikasy materialnyň fiziki-mehaniki häsiýeti nähili maksatlarda ulanylşy dürli dürlidir.

Galyplamak üç usul bilen alnyp barylýar:

1. Plastik ýagdaýdaky massadan plastik usuly bilen galyplamak;

2. Ýarym gury ýagdaýda preslemek;

3. Suwly suspenziýadan gips galyba guýmak usuly.

### 3.2. Toýunlaryň tehnologiiki häsiýetleri

Önümçiligiň tehnologiiki parametrlerini kesgitleýän toýunlaryň häsiýetleri guradylýan we ýakylýan prosesinde ýylylyk täsirine gatnaşygy, baglaýjylyk ukyplylygy, maýyşgaklygy bolup durýar. Toýundan dürli önümleri formalamaga mümkinçilik berýän toýunlaryň iň esasy häsiýetlerinden biri, daşky agramyň täsiri astynda massa suw bilen garylada, emele gelen toýuna berilmegi mümkin bolan ol ýa-da beýleki formanyň agramy aýrylanda, saklamak ukyplylygy maýyşgaklyk bolup durýar.

Toýun näçe maýyşgak bolsa, kadaly çyglylykly işçi hamyryny almak üçin oňa şonça-da köp suw goşmaly. Maýyşgaklygy ýokary bolan toýunyň işçi hamyrynyň çyglylygy 25-30% we ondan ýokary, ortaça maýyşgak toýunyňky 20- 25% we az maýyşgak toýunyňky 15-20 %, ýagny toýun näçe maýyşgak bolsa şonçada ýokary bolýar. Ýöne bu kanunyýet käbir toýunlar üçin bozulýar, maýyşgaklygy boýunça dürli, ýöne kadalaýjy formalaýjy çyglylyga bolan hamyr üçin suwuň birmeňzeş mukdary gerekli bolýan toýunlara düş gelinýär, ýagny ol toýunyň maýyşgaklygyndan ýokary bolýar. Ýöne bu kanuny binýat käbir toýunlarda bozulýar, ýöne maýyşgaklygy boýunça dürli derejeli, kadalaýjy formalaýjy çyglylygy bolan hamyr üçin suwuň mukdarynyň birmeňzeş bolmagyny talap edýän toýunlara düş gelinýär. Toýunlaryň iň wajyp häsiýetnamasy olaryň bug ýagdaýynda ýa-da damjaly-suwuk ýagdaýynda, toýunyň suw siňdirmek ukyplylygyna görünýän suwuň gatnaşygy we öz göwrümini has artdyranlygy (0,9-1,9 esse), ýagny çişýänligi bolup durýar. Toýunlaryň bu häsiýeti olaryň däne düzümi bilen göni baglanyşykda bolýar. Toýunyň bölejikleri näçe ownuk bolsa, şol bir göwrümde olaryň umumy üst meýdany näçe uly bolsa, şonça-da maksimal gigroskoplygy ýokary bolýar:

$$W_w = [(g_{\text{maýş}} - g_{\text{gury}}) / g_{\text{maýş}}] * 100\% \quad (1)$$

bu ýerde,

$W_w$  – otnositel suw garyşdyrmak;

$g_{\text{maýş}}$  we  $g_{\text{gury}}$  – hemişelik agrama çenli guradylandan soňky we guradylmanka kadaly işçi ýagdaýyndaky toýunyň agramy.

Suwly garylmagyň ululygy toýunly bölejikleriň üst meýdanynda absorbirlenýän suwuň maksimal mukdaryny we ol bölejikleriň berk saklanmagyny, toýuna maýyşgaklygyň berilýändigini häsiýetlendirýär. Suw artykmaçlyk edende toýunyň bölejikleriniň aralygyndaky aralyk artýar, olaryň arasyndaky özara çekilme güýji azalýar, massa akyjylyga eýe bolýar we maýyşgak bolmagyny bes edýär. Önümçilik şertlerinde toýunyň maýyşgaklygy olaryň häsiýetlerine baglylykda sazlanýar. Şolar ýaly-da taýýarlanýan önümleriň görnüşine we formalamagyň şertlerine bagly bolýar. Toýunlaryň maýyşgaklygy baslykmagyň dowamlylygy, doňuny aýrmak we ölmek bilen köp sapar ýumurmak bilen gowy edip, mehaniki taýdan işlemek bilen we toýuny işleýän maşynlarda sürtmek bilen önünden işlenen toýunyň baslykmagy, toýuny bug bilen gyzdymak, ony wakuumirlmek, örän maýyşgak toýunlary, dürli plastifirleýji materiallary (meselem, sulfitle spirt bardasyny) we beýleki materiallary goşmak bilen artdymak bolýar. Toýunlaryň guradylmaga duýgurlygyny we maýyşgaklygyny azaltmak üçin dürli horak materiallary, meselem, kwars çägesi, samot, şlak, kömür, toýun we beýlekiler. Organiki ýa-da mineral goşundylary goşulýar.

Toýunyň baglaglaýjylyk ukyplylygy, bu olaryň maýyşgak bolmadyk materiallar bilen garyşdyrylanda, maýyşgaklygynyň saklanmagy bolýar. Baglaşdyryjy ukyplylygynyň kriteriý bolup, Wasilýewiň priborynda kesgitlenýän massanyň maýyşgaklyk sany bolup hyzmat edýär. Şonda baglaşdyryjy ukyplylyk 7-ä barabar bolan maýyşgaklyk sanly massany

emele getirýän kadaly mukdary bilen ölçenýär. Esasan, örän maýyşgak toýunlar uly baglaşdyryjylykly ukyplylygy bolýar.

Toýunlaryň baglaşdyryjy ukyplylygy şu aşakdaky dört topara bölünýär:

1. Ýokary maýyşgak, çägäniň 60-80 % baglaşdyrýar;
2. Maýyşgak, çägäniň 20-60 % baglaşdyrýar;
3. Pes maýyşgak (horak), çägäniň 20 % baglaşdyrýar;
4. Daş görnüşli (slanes, suharnyy), hamyr emele getirmeýär.

**Toýunyň ýylylyk täsirine bolan gatnaşygy:** toýun gyzdýrylanda suwuny ýitirýär we birgiden fiziki-himiki öwürülişlere sezewar bolýar: olaryň göwrümi kiçelýär, reňki üýtgeýär, olar daş görnüşli massa çenli bişýär we degişli temperaturada ereýär.

### **3.3. Toýuna goşulýan goşundylar**

Kerpiç senagatynda çig malyň guradyjy we beýleki häsiýetlerini gowulandyrmak üçin giňden dürli görnüşli goşundylar ulanylýar. Goşundylary ulanmagyň we olary çig mal bilen garyşdyrmagyň zerurlygy, toýunyň öz tebigatyna görä kerpiç we keramiki daşlary öndürmek üçin has ýaramly bolup durýar.

Kerpiç we keramiki daşlar öndürilende, goşulýan goşundylary niýetlenişi boýunça şu aşakdakylara bölmek mümkin:

1. Horak, çäge, samot, degidratlaşan toýun, keramzitli ýa-da agloporitli çäge we beýlekil ýanmaýan mineral goşundylar;
2. Horak we şol bir wagtda doly ýa-da bölekleyin ýanýan ýonuşga, torf, lignin, kömürler, şlaklar, baýlaşdyryjy fabrikleriň kömürleriniň zyňyndylary we beýlekiler;
3. Ýanýan antrasitler, koks we ýokary kaloriýaly ýanmagyň beýleki görnüşleri;

4. Baglaşdyryjy we plastifirleýji maýyşgaklygy ýokary toýunlar, bentonit, sulfiteli-spirтли barda we beýlekiler.

**Horak goşundylar:** senagatda mineral we organiki taýdan emele gelýän horak goşundylar ulanylýar. Çäge, horaklandyryjy hökmünde ulanylýar, öl kwars bolmaly, karbonat jynsly ýa-da karbonat bilen hapalanan çägeleri ulanmaga rugsat edilmeýär. Iri däneli çägeleri ulanmak bolmaýar, sebäbi ownuk däneli çägeleri çökmekligi azaltmaýar diýen ýaly, önümiň şol bir wagtda berkligini peselip, guratmaga durnuklylygy peselýär. Ownuk däneli we orta däneli çägäni haçan-da, zawoda beýleki horaklaýjysy bolmadyk ýagdaýlarynda ulanmak mümkin we onuň çig malyň tehnologiýa häsiýetlerine ähli taraplaryna täsiri barlanan ýagdaýynda ulanyp bolýar. Ulanylmazdan öň, kwars çägesi 3 mm uly bolmadyk diametrli torly, mehaniki sesiň (grohotyň) üsti bilen elenen bolmalydyr. Horaklandyrylmak üçin has köp teklipl edilýän çägäniň 0,5-den 1,5 mm-e çenli ölçegli däneleri bardyr.

Çig malyň häsiýetlerine baglylykda, toýuna çägäniň 10-25 % goşmak bolýar. Köýdürilen keramiki önümleriň zyňyndylaryndan alynýan şamot kwarsly çägeden has effektiwli we horak bolup durýar. Ýöne toýunly massa wakuumirlenende we wakuumly preslerde kerpiç formalananda, şamotyň mukdarynyň 20-40 % çenli we toýunyň baglaşdyryjy ukyplylygyna baglylykda ondan köp artmagy mümkin.

Ýuka diwarly önümler üçin şamotyň däneleri 1,5-2,0 mm ölçegli bolmaly we doly göwrümlü kerpiç üçin 3 mm-den uly bolmaly däl.

Zyňyndylardan alynýan şamotyň ýola goýlan tehnologiýasynda toýunyň talap edilýän horaklanyşy ýeterlik däl, şol sebäpli oňa horaklandyryjy we ýanyp çykýan goşundylar bilen bilelikde goşulýar.

Degidratlaýjy toýun, ýagny toýunly maddanyň kristalliki gözenegine girýän himiki taýdan baglanyşykly suwuň esasy bölegi, aýrylan 400-600°C-a çenli köýdürilen toýundyr. Bular ýaly toýunyň himiki taýdan baglanyşykly suwuň ýitmegine görä çökmeginiň ululygy, maýyşgaklyk sany we guradylmaga bolan duýgurlyk koeffisienti birden peseldilýär. Degidratirlenen toýunyň köp mukdarynyň goşulmagy bilen formalanan kerpijiň guradylmak prosesini çig malyň tebigy häsiýetlerine bagly bolmazdan, çökenden soň jaýryk emele geler diýip, howsala düşmän örän çalt geçirmelidir. Degidratlanan toýuny şihda 30-50% mukdarynda goşmaly. Köp ýagdaýlarda şular ýaly shidada önümiň jaýryklaryny azaltmak boýunça talap edilýän effekt gazanylýar.

Degidratirlanan toýun bilen şol bir wagtda ýangyjy hem goşmaly, ýöne adaty temperaturadan birnäçe esse has ýokary temperaturada önümleri ýakmaly.

Degidratirlanan toýunyň ownuklyk derejesi gury we ýakylan önümleriň berkligine, guradyjy häsiýetlerine has uly täsir edýär. Uly fraksiýalaryň (0,5 mm uly) mukdarynyň artmagy we ownuk (0,25 mm kiçi) fraksiýalaryň azalmagy bilen toýunyň guradylmaga bolan duýgurlygy peselýär. Ýöne, köp ýagdaýlarda guradylan we ýakylan önümleriň mehaniki berkligi peselýär. Aralyk fraksiýa (0,5- -0,25 mm ölçegli) bu häsiýetlere bildirer ýaly täsir etmeýär. Käbir degidratirlenen toýunlaryň optiki däne düzümi şular ýaly bolýar: 1-0,5 mm 32%; 0,5-0,25mm 22% we 0,25 mm-den kiçi däneler 46%. Önümleriň maksimal berkligi 0,25 mm kiçi ölçegli bölejikleri bolan ähli gidratlaşan toýunda üpjün edilýär ýa-da bu fraksiýa artykmaç bolanda üpjün edilýär.

Degidratirlaşan toýun aýlanan deprekli peçlerde, aglomerasion gözeneklerde, gaýnaýan gatlagyň reaktorlarynda we ýörite şahdaly peçlerde alynýar. Häzirki döwürde kerpiç zawodlaryň şertlerinde in ýönekeý we elýeter agregaty eýýam birnäçe zawodlarda ulanylýan, tejribeli aýlanan baraban peçler bolup durýar. Bu maksatlar üçin aglomerasion

maşynlaryň ulanylmagy baradaky käbir maglumatlar hem bardyr. Degidratasiýa prosesiniň awtomatizasiýa nukdaýnazaryndan gaýnaýan gatlakly reaktorlar perespektiw hasaplanýar.

### **3.4. Toýunyň gyzdyrylmaklyga bolan gatnaşygy**

Maýyşgak ýagdaýdaky toýunlaryň düzüminde gigroskopik suw, baglaýjy suwy ýa-da adatça, boş suw we himiki baglanyşylan suw saklanýar. Howadan toýun bilen siňdirilen suwa gigroskopik suw diýilýär. Şol sebäpli hem, howanyň çyglylygy näçe ýokary bolsa, şonda hem toýunyň düzüminde gigroskopik çyglylyk saklanýar. Toýunyň belli bir möçberdäki suw bilen garyşdyrylanda, maýyşgak hamyr emele gelýär. Adatça, boş suwuň möçberi kesgitlenen göterimden ýokary galan ýagdaýynda, hamyr özüniň maýyşgaklygyny ýitirýär we ýelmeşegen bolýar. Adatça, boş suwuň göterimlerdäki düzümine baglaýjy suw diýilýär, onda toýun has maýyşgak bolýar. Himiki baglanyşylan suwy toýunyň düzüminden diňe ol 400-600<sup>0</sup>C gyzdyrylanda aýryp bolýar. Şeýle ýagdaýda, toýun suwa garylanda maýyşgak hamyra öwürlmek ukybyny ýitirýär. 100-105<sup>0</sup>C gyzgynlykda guradylýan wagtynda toýunyň düzüminden, adatça, boş we gigroskopik suw aýrylýar, maýyşgak däl hala geçýär, emma suw bilen garyşdyrylanda ol ýene maýyşgaklyk häsiýetine eýe bolup biler. Guradylanda maýyşgak toýun kiçelip bilýär, bu bolsa onuň ilkibaşdaky göwrüminiň kiçelmegi bilen aňladylýar. Bişirilende toýun ýene- -de kiçelýär, guradylýan wagtynda toýunyň kiçelmegi howadaky kiçelmesi, bişirilende kiçelmesi bolsa otdaky ýygrylma diýlip atlandyrylýar.

Howadaky we otdaky kiçelmesiniň mukdary umumy kiçelmäniň mukdaryny emele getirýär. Toýunyň gelip çykyşyna we onuň çyglylygyna baglylykda, onuň howadaky kiçelmesi uly çäklerde üýtgeýär. 10% çenli adatça, çyglylygy bolan toýun guradylanda, olar howadaky kiçelmäni



bermeyärler diýip hasaplamak mümkin. 15%-den köp bolan adaty çyglylykdaky toýun guradylanda, howadaky kiçelme zolagy 4-5%, adaty çyglylygy 20% bolan toýun guradylanda bolsa, howadaky kiçelmesi 11-12% deň bolýar. Toýunyň otdaky kiçelme hadysasy 2-3%-den 4-7%-e çenli bolup bilýär, umumy kiçelmäniň mukdary bolsa 6-7%-den 20%-e çenli bolup bilýär. Toýun guradylanda özüniň maýyşgaklygyny ýitirýär, gaty hala geçýär, köplenç ýagdaýda çatlaýar, toýundan edilen önümler gysgarýarlar. Şeýle hadysalar, ýagny çat açmalaryň emele gelmegi we gýşarmak häsiýeti toýun ýakylyp bişirilende bolup geçýär. Eger-de toýun howadaky kiçelmesi, onuň düzüminden suwuň aýrylmagy netijesinde bolup geçýän bolsa, onda toýun ýakylyp bişirilen wagtynda otdaky kiçelmesi ýokary gyzygynlykda erän suwuk fazanyň emele gelmegine baglydyr, bu bolsa toýunsow jisimiň bölejikleriniň golaýlaşmagyna, ýakynlaşmagyna ýardam berýändir. Her bir toýunyň alynýan känine mahsus bolan gyzygynlykda, toýunyň otdaky kiçelmesi onuň bölejikleriniň doly tutluşyp bişmeginiň netijesinde bes edilýär. Bişirilen toýun köýdürilen şykga ýakylan toýun diýilýär. Toýun bölejiginiň suw siňdirijiligi 2%-den köp bolmadyk mukdarda, şertlendirilýän dykyzlandyрма derejesine ýetirilýän toýunyň bişirilýän temperaturasyna gyzyp tutluşma temperaturasy diýilýär. Şykgylyryň, toýunlaryň hem, önümleriň hem ahyrky bişirme temperaturasyny gyzyp tutluşma hadysasy kesgitleýär.

### **3.5. Diwarsow keramiki materiallar**

Ymaratyň diwaryny gurmakda ulanylýan we keramiki materiallara diwarsow materiallar diýip atlandyrylýar. Olara aşakdakylar degişlidir.

#### **1. Ýönekeý kerpiç.**

Deňgyrally we göni gapyrgaly, ölçegi 250x120x65 mm bolan göniburçly parallepiped gurluşyna eýedir, kăwagt ol 288x238x65 mm ölçegli bolup bilýär. Kerpiçiň galyňlygy 88

mm we moduly bolanda tegelek öýjükli boşluklar hökmany ýagdaýda bolmalydyr. Kerpiçiň dykyzlygy  $1600-1900 \text{ kg/m}^3$ , kerpiç gowy ýakylan bolmalydyr, sebäbi (ak kerpiç) doly ýakylmadyk bolsa onda önüm berk bolmaýar, suwa, sowuga durnuksyz bolýar. Aşa ýakylan kerpiç ýokary dykyzlykly we ýylylyk geçiririjilikli bolup, dogry şekilli bolup bilmeýär. Kerpiçiň berkligi, gysylanda berklik çägi bilen häsiýetlendirilýär we şeýle markalary goýýarlar: 75, 125, 150, 175, 200, 250 we 300. Sowuga çydamlylygy boýunça dört marka bölünýär: F – 15, F -25, F-35, F-50.

Adaty keramiki kerpiji daşky we içki diwarlary örmekde ulanylýar, mundan başga-da kerpijiň ýakma temperaturasyndan geçmeýän temperaturaly peçleriň örülmeginde we tüsse turbalarda, panellerde, diwar bloklary ýasalanda ulanylýar. Ýarymgury preslerde taýýarlanan kerpiçler gidroizolýasiýaly gatlagyndan pes fundamentleri örmekde maslahat berilmeýär. Adaty toýun kerpiji ýokary jaý gatlagyndaky diwarlarda we karkas binalarda ulanmak maksadalaýyk däl, sebäbi olarda artykmaç berklik, uly agram we ýylylyk geçirijiligiň ýokary koeffisienti bolýar. Şu binalarda kiçi agramly kerpiç ulanmak amatly hasaplanylýar.  $G_{\text{gysmak}}=7,5-15,0\text{Mpa}$ ;  $G_{\text{egme}}=1,8-2\text{Mpa}$ ; Göwrüm agramy  $1700-1900\text{kg/m}^3$ ; suw çekijiligi  $>8\%$ .

## **2. Toýundan taýýarlanan oýjükli (boşlukly) kerpiç**

Boşlukly (Pustotel) kerpiji ýaly taýýarlanylýar, diňe keramiki massasyna ýanyp çykyan goşundylar goşulýar. Esasan, ýeňil agramly kerpiçler goşundyly ýa- -da goşundysyz trepelden ýanyp çykyan goşundyly toýundan ýasalýar. Ol berklik markalar boýunça bölünmän göwrüm agramly kerpiji  $250 \times 120\text{mm}$  ölçegde, ini  $65 \text{ mm} \times 138\text{mm}$  ölçegde ýasalýar. Sowuga çydamlylygy 10 sikldan ybaratdyr.

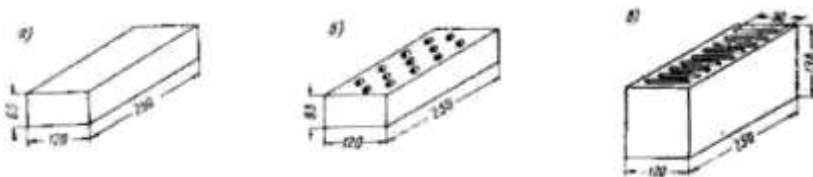
$G_{\text{gysmak}}=7,5-15,0\text{Mpa}$ ;  $G_{\text{egme}}=1,4-2,0\text{Mpa}$ ; Göwrüm agramy 1300- -1450 $\text{kg/m}^3$ ; suw çekijiligi  $>6 \%$ ; sowuga çydamlylygy 15 siklden az bolmadyk.

### 3. Plastik usulda taýýarlanan gowakly (putotel) keramik daşy

Plastiki şekillendirilen boşlukly kerpiçleriň öýjükleri tegelekdir. Boşluklaryň diametri 16 mm pes bolsa tegelek bolýar, ini 12 mm geçmese gönüburçly öýjükleri bolýar. Boşlukly kerpiç taýýarlananda plastiki ýa-da ýarym gury presde goşundyly, goşundysyz ýeňil ereýän toýunlardan ulanylýar. Plastiki şekillendirilen boşlukly kerpiji 250x120 mm ölçegli boşluklar bilen işläp çykarýarlar, ini bolsa 65, 88 we 103 mm bolýar.

Berklik markasy 75, 100, 125 we 150 ýarymgury preslerde alnan boşlukly kerpijiň geçirijiligi we geçirijilikli däl uly boşlukly bolmalydyr. Plastiki şekillendirilen kerpijiň häsiýetleri bilen gabat gelýär, ýöne göwrüm agramy biraz uly bolup  $1500 \text{ kg/m}^3$  çenli bolýar. Boşlukly kerpiçleri daşky we içki diwarlary gurmakda, böwetlerde we jaýlaryň başga böleklerinde ulanylýar. Fundamentlerde we öl diwarly jaýlarda boşlukly kerpiçi ulanmak maslahat berilmeýär.  $G_{\text{gysmak}}=7,5-15,0 \text{ Mpa}$ ;  $G_{\text{egme}}=1,4-2,0 \text{ Mpa}$ ; Göwrüm agramy  $1400 \text{ kg/m}^3$ ; suw çekijiligi  $>6\%$ ; oýuklygy 25-30%.

Adaty toýun kerpiç                      Keramiki boşlukly (pustotel) kerpiçi



Surat 11. Kerpiçleriň görnüşleri  
a-ýönekeý toýun kerpiji; b- toýun pustotel kerpoji;  
ç-keramiki pustotel diwar daşy

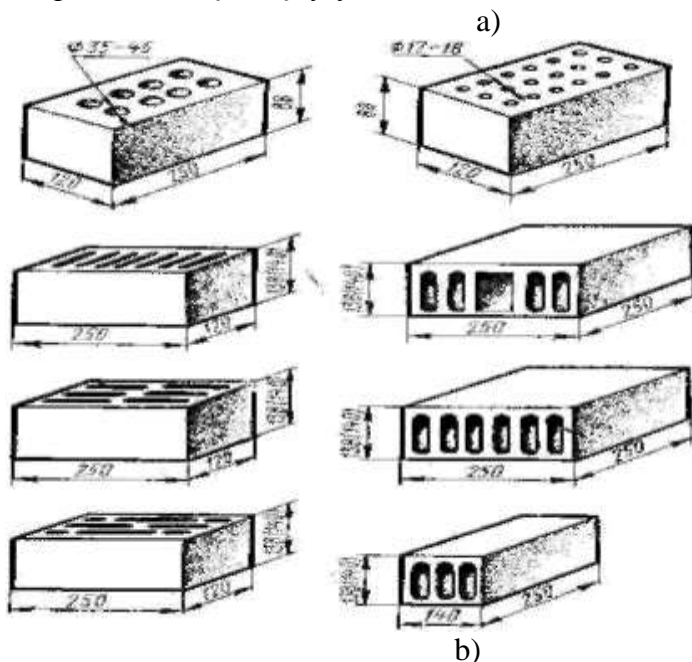
### 4. Keramiki kerpiçler

Önümçilikde plastik usulynda ýasalan adaty kerpiç önümçiliginde ulanylýar. Bu kerpiç 80-225 mm uzynlykly çykarylýar. Keramiki kerpijiň berklik görkezijileri boýunça üç

sany marka bölünýär: M-125, M-100, M-50. Suw çekijiligi 8%-den az däl. Sowuga çydamlylygy 15 sıkliden pes däl. Keramiki önümçiliginde tüsse turbalarda we turbalaryň futerowkasynda ulanylýar.

### 5. Keramiki diwar daşlary

Az gatly binalarda diwarlary örmekde ulanylýar. Dykzlygy boýunça keramiki diwar daşlary bölünýärler, şertli effektli diwarlaryň ýylylygynyň tehniki häsiýetlerini gowulandyrýar, effektli adaty kerpiçden ýasalan diwarlaryň galyňlygyndan tapawutlylykda diwaryň galyňlygyny kesgitleýärler. Boşluklaryň bolmagy dykzlygy we massany peseltmeýär, gaýtam keramiki daşlar taýýarlananda ýakma, guratma proseslerini çaltlaşdyrýar.



Surat 12. Diwar materiallary  
a) – pustatel kerpiji; b) – diwar daşy.

Önümler çalt we gyrađeň gyzyrlar, şol sebäpli boşlukly daşlar we kerpiçler deffektsiz diýsek hem bolýar.

Boşluklaryň sany (3% çenli) ýokary bolsa-da, berkligi adaty kerpijiňki ýaly bolýar. Kese boşluklary bolan daşlarda berkligi tapawut edýär. Markasy pes bolýar 25, 50. Bir boşlukly daşyň özi 4-6 kerpiji çalşyp biler, bu daş örtüjiniň iş öndürijiligini ýokarlandyryp, örümdäki sepleriň sanyny azaldýar. Boşlukly daşlaryň berkliginiň markalary: 50, 75, 100, 150. Sowuga çydamlylygy 15 siklden az däl. Göwrüm agramy –  $1400 \text{ kg/m}^3$  az däl. Doly, ýagny adaty kerpijiň ulanylşyna meňzeşräk boşlukly kerpiç bolup, mundan başga-da fundamentleri goýmakda, diwarlaryň ýerasty böleklerinden hem-de çig düzümdä işleýän jaýlarda ulanyp bolýar.

#### **6. Gowakly toýundan ýarym gury usuly bilen taýýarlanan kerpiç**

$G_{\text{gysmak}}=7,5-15,0\text{Mpa}$ ;  $G_{\text{egme}}=1,4-2,0\text{Mpa}$ . Göwrüm agramy  $1500 \text{ kg/m}^3$ , suw çekijiligi  $>8\%$ . Öýjükliligi 14-19%.

#### **7. Iri diwarly keramiki kerpiçler**

Iri diwarly keramiki önümleri panelleri üç, iki we birgatyly edip çykarýarlar. Üç gatly panel iki kerpijiň galyňlygy 65 mm bolan daşky gatlagyndan, ýylylyk saklaýydan we sementli erginden üç gatdan durýar. Iki gatly panel ýylylyk saklaýydan we kerpijiň  $\frac{1}{2}$  gatyndan durýar. Bir gatly daşky panelleri boşlukly keramiki daşlardan ýasaýarlar, içki diwarlary üçin kerpiçden ýasalyar. Montajda we transportirlenende panelleriň berkligini üpjün etmek üçin ýere düşelýän karkaslar bilen armirlenýärler.

Deşijegiň diametri 18-20 mm.  $G_{\text{gysmak}}=7,5-15,0\text{Mpa}$ ;  $G_{\text{egme}}=1,4-2,0\text{Mpa}$ . Suw çekijiligi  $>8\%$ , göwrüm agyrllygy  $\leq 1500 \text{ kg/m}^3$ .

#### **8. Ýüze taraply keramiki daşlar we kerpiçler**

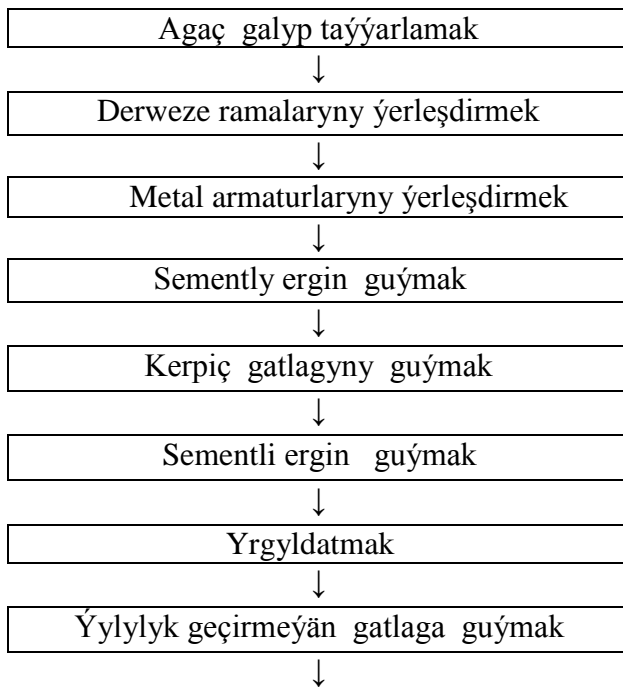
Bu daşlar we kerpiçleri öndürmekde ýeňil ereýän, kyn ereýän toýunlar çig mal hökmünde ulanylýar, ýakylanda dürli reňke eýe bolup bilýärler. Ýüze taraply kerpiji reňklemekde sowuga çydamly, dürli reňkli we dürli angoblar (ak, goňur, ýaşyl, gök, mele) ulanylýar. Kerpijiň reňki ýakma temperaturasyna we dowamlylygyna bagly bolup biler. Ýüze

taraply keramiki kerpiji diňe surat, bezeg maksatlar üçin ulanylman, ol bir wagtda adaty kerpiç bilen göteriji element bolup hem ulanylýar.

### 3.6. Wybra kerpiç fanerleri

Wybra kerpiç panelleri ýönekeý kerpiç ýa-da silikat kerpijini sement garyşmasynyň kömeginde garyşdyryp taýýarlanýar we ýylylyk geçirmeýär. Gatlakly bolan iri detaldyr. Bu detallaryň beýikligi etalonyň belentligine, uzynlygy ymaratyň konstruktiv setkasyna dogry gelýär. Paneller bir gatly ýa-da galyňlygy 27cm bolup, içki diwarlary üçin ulanylýar we köp gatlakly faneller daşky diwarlar üçin ulanylýar.

Wybra kerpiç panelleriň aşakdaky tehnologiýa çyzygysy boýunça işläp çykarylýar





Munda bir gatlakly ýylylyk geçirmeýän gatlakdan ybarat bolýar. Ýylylyk geçirmeýän gatlak üçin mineral şahta we başgalar ulanylýar. Panelleriň daşky ýüzi sementli ergin bilen suwalan bolmagy mümkin ýa-da timarlanyp we bezeg plitalary goýlan bolmagy mümkin.

### 3.7. Kerpiç işläp çykarmagyň tehnologiýasy

Ýönekeý kerpiç iki usuly bilen işläp çykarylýar.

1. Plastik usuly;
2. Ýarym gury ýagdaýda preslemek usuly.

**Kerpiç önümçiliginde massa taýýarlamagyň iki usuly bar:**

1. Plastik öl ýagdaýda massa taýýarlamak;
2. Gury ýagdaýda massa taýýarlamak.

Öl ýagdaýda kerpiç işläp çykarmak üçin ulanylýan toýuny köp kowşaly ekskawatorlaryň kömeginde gazyp alynýar. Samoswal ýa-da wagonlaryň kömeginde zawoda getirilýär. Getirlen toýuny ýaşikli iýmitlendirijiniň kömeginde iri owradyja goýberilýär. Iri owradyjy walyklar 8-10mm çenli toýuny owradylýar. Owradylan toýun iki wally garyja goýberilýär. Bu ýerde suw ýa-da bug bilen garylýar, ondan soň beguna goýberilýär we ondan soň ownuk owradyan wallyklara goýberilýär, ol ýerde 2-3 mm çenli owradylýar.

Ondan soň garyja goýberilýär, çyglylygy 22-24 % çenli getirilýär. Bu massa lentaly prese goýberilýär, lentaly pres muntştukdan massa çykarylýar. Toýun massany taýýarlamagyň plastik usuly şu işleri öz içine alýar: toýuny gazyp almak, ony baýlaşdyryjy goşundylaryny owratmak, garmak, toýuny we goşundylary öňünden çyglandyrmak, şihpany ownuk edip üwemek, toýun hamyryny taýýarlamak degişli bolup durýar. Massada çyglylygy gowy ýerleşer ýaly diňe bir suw däl, eýsem, bug bilen hem çyglandyrmak bolýar. Bug bilen gyzdyrlan massa pes çyglykda hem gowy görnüşe gelýär, görnüşe getirmek üçi kuwwatyň harçlanyşy 20-25%-e çenli azalýar, presleriň öndürijiligi artýar, guratmak döwri 40-50% azalýar, ýarym çig malda çyglylygyň deň derejede ýerleşdirilmegi çig kerpijiniň we önümiň berkligini artdyrýar we braklary azalýar. Eger-de ýarym gury ýagdaýda ulanylýan kerpijiň çyglylygy 8-10% bolsa, onda plastikligi azrak bolan toýundan peýdalanmak mümkin.

Ýarym gury ýagdaýda kerpiç işläp çykarmaklygyň prosesi şeýle alnyp barylýar: toýuny strugaçyň (ýonyjynyň) kömeginde bir bölegi owradylýar, eliwator arkaly ýokary bunkera düşürilýär, bunkerden iýmitlendirijiniň kömegi bilen guradyjy barabana goýberilip, toýun 6-8% çyglylyga çenli guradylýar. Guradylan toýun dezintegratoryň kömeginde ýa-da ownuk owradyjy walyň kömeginde 2-3 mm ululukda owradylýar. Owradylan toýun bug bilen 8-12% çenli çyglandyrýarlar we gowy garýarlar, ondan soň iki wally garyja goýberilýär. Iki wally garyjyda goşundy maddalar bug bilen garylýar.

Bug bilen garyşdyrlan massanyň temperaturasy 50-60°C çenli barýar. 50-60°C poroşogy preslemek üçin preslemäne goýberilýär. Preslemek usuly iki taraplama alnyp barylýar. Preslemek wagtynda  $K_{gyslyş}$  koeffisienti  $K_{gys.}=1,8-2$  deň. Preslemek basyşy  $P=160-225 \text{ kg/cm}^2$ , preslemek 2-3 minut dowam edýär. Preslemegiň esasy maksady, birikmän galan poroşok ýagdaýdaky massadan berklik düzümi boýunça



birmeňzeş, ýokary dykzlyga eýe bolan belli şekile we ölçege eýe bolan ýarym önüm almakdyr. Ýarym gury ýagdaýda diwarsow materiallary taýýarlananda, massanyň dänelik derejesi aşakdaky ýaly bolýar:

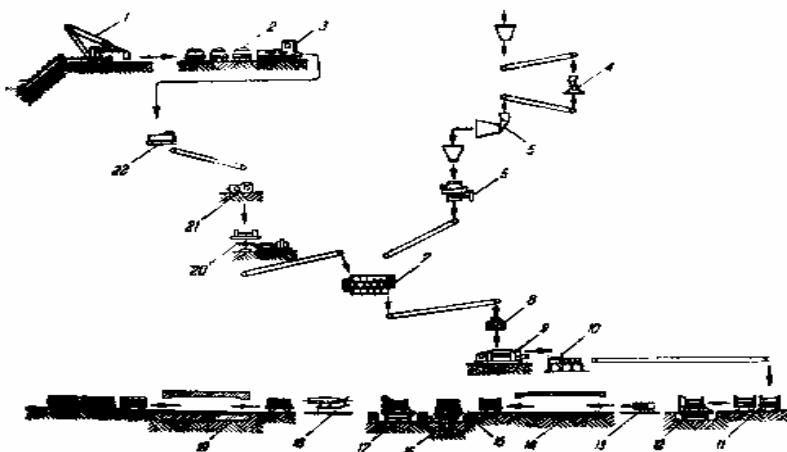
2-3mm-23 %;

2-1mm-25 %;

<1mm-30 %;

Ýarym taýýar, ýarym gury kerpije forma bermeklik keramiki önümiň tehnologiýasynyň esasy işidir. Forma bermegiň umumy düzgünleri diňe bir gurluşyk keramikasyna däl, eýsem, beýleki keramiki önümleriň görnüşleri hem degişlidir.

Toýun massany galyplaýjy muntştugyň içinden şnekli ýa-da porşenli pres bilen gysyp geçirýärler we şondan soň toýun massa belli bir ölçegi we görnüşi alýar. Şnekli presleriň artykmaçlygy onuň üznüksiz işledilmegi we olary köp mukdarda önümleri, kerpiçleri çykarlanda ulanylýar. Lentaly presleýjiniň ýetmezçiliginiň biri (göwrüm boýunça 10% çenli) howany sorup alýar. Alnan howa bolsa massanyň dykzlygyny, onuň maýyşgaklygyny peseldýär, forma berlende deň derejede gysylyp berklenmäge päsgel berýär, netijede mikrojaýryklaryň bolmagyna getirýär. Şonuň üçin keramiki massadan wakuumpresde alnan howany çykarmaklyk zerurdyr. Hamyr görnüşli massa presiň pilçeli winti bolan garyjy kamerada garylýar we gysyp çykarmak bilen deşi-deşik edilen diwarjygyň ýa-da konusyň içinden çykyp wakuum kamera düşýär, şol ýerde ondan howasyny aýyrýarlar. Howasy çykarlan massany şnekli wal çekip alýar, ony berk edip gysyp toplaýar we muntştukly gysyjy golowka geçirýär, şol ýerden massa muntştugyň berlen kesigine görä dörtburç görnüşde çykarýar. Howasy çykarylan massadan çykýan önümiň berkligi, howasy çykaryladyk massaňkydan 1,6 esse ýokary. Ýakylan önümiň dykzlygy 3-4% ulalýar, suw soryjylyk 10-15% peselýär, berkligi bolsa iki esse artýar.



Surat 13. Önümçilikde kerpiç we öýjükli keramiki daşyňyň plastik usuly bilen taýýarlanşyňyň tehnologi ki shemasy

- 1- köp kowşaly ekskowator; 2-wagonetkalar; 3-elektrowoz; 4-owradyjy;
- 5-ses; 6-iýmitlendiriji; 7-toýun guýujy; 8-inçe üweýän walsalar; 9-lentalý
- pres; 10-kesiji stanok; 11-guradyjy wagonetka; 12-elektrik geçiriji teleşka;
- 13-itekleýji; 14-guradyjy; 15-ýakmaga ugradylýan wagonetka;
- 16-gidrawliki peseldiji; 17-elektrik geçiriji teleşka; 18-itekleýji;
- 19- ýakylýan peç; 20-öl üweýän begunylar; 21-daşlary bölüp çakaryan
- wallar; 22-ýaşiklere bermek.

Gowak we gowakly diwarsow materiallary taýýarlamak usullary aşakdakylardan ybaratdyr:

1. Gowakly kerpiç ýa-da diwarsow bloklary taýýarlamak üçin ulanylýan toýunyň häsiýetine görä, goşmaça materiallar goşulýar. Gowak emele getirýän kömür, kömüri gaýta işlemek, ýylylyk elektrostansiýanyň küli, düzüminde ýanýan maddasy bolan şlaklar goşulýar. Bu çykyndylar ulanylanda 12-20% çenli gowak emele getirmegi mümkin. Munuň üçin bu goşulýan maddalar kerpiji plastik usulda işläp çykarmakda 0,6 mm-den kiçi ýagdaýa çenli owratmak, ýarym gury ýagdaýda bolsa 1mm-den kiçi ýagdaýa çenli owratmak gerek bolýar. Gowakly kerpijiň dykzlygy  $1200-1400 \text{ kg/m}^3$ , suw çekijiligi 14-18 %, sowuga çydamlylygy 45 siklden az bolýar, 15siklden köp bolýar.

Ýokarda aýdylan önümi ýakylan wagtynda ýanyp gidýär we netijede gowaklyk emele gelýär.

2. Diwarsow materiallarda gowaklyk aşakdaky ýaly emele gelýär:

Diwarsow materiallary plastik usulynda işläp çykarmakda. massa lentaly preslerde gaýta işlenýär. Muntukdan 100-150 mm çenli içinde ýörite abzal ýerleşdirilýär. Bu abzala kern saklap durýan gysgyçlar ýerleşdirilýär we bu gysgyja kernler ýerleşdirilýär.

Kernleriň ölçegi onuň sany gerek bolan gowagyň ölçegine we sanyna deň bolýar. Şnegiň kömegi bilen goýberilen massa kerne barlygy üçin onuň töwereginden çykýan massanyň arasynda boşlyk emele gelýär. Munda keseligine alyp seretsek, kern sanyna garap emele gelýär. Diwarsow materiallary ýarym gury usuly bilen taýýarlananda preslenýän ştampa ýörite kernler birikdirilen bolýar.

### **3.8. Diwarsow materiallary guratmak**

Diwarsow materiallary iki usuly bilen guradylýar. Tebigy we emeli usullar bilen ýakmak üçin peçe goýberilýän ýarym önümiň çyglylygy 6-7% -den geçmeli däl. Galyplanan ýarym önümiň çyglylygy plastik usulda 22-24%, ýarym gury ýagdaýda 8-12% emele getirýär. Şonuň üçin ýakmazdan öň olary guratmak hökmandyr. Emeli usulda guratmak üçin has hem uly jaý gerek bolýar. Tebigy usulda 8-12 gije-gindüz gerek bolýar. Şonuň üçin ýarym önümi ýörite guradyjylarda guradylýar. Munda guratmak döwri azalýar. Guratmak üçin kameraly we tunel guradyjylar ulanylýar. Kameraly guradyjylarda 16, 24, 32 we ondan hem köpräk başga kameralardan ybarat bolup, bu kameralara bir umumy kanaldan ýyly howa goýberilýär we ulanylan howa kanal arkaly sorup alynýar. Kameranyň içinde ýarym önümi ýerleşdirmek we ony çykaryp almak üçin agyr zähmet sarp edilýär. Tunel guradyjylarda guradylanda, guratma prosesi 40-

80 sagat dowam edýär. Kameraly guradyjyda bolsa guratma prosesi 100 sagada çenli dowam edýär. Tunel guradyjynyň uzynlygy 30-36 m, beýikligi 1,4-1,7 m; ini 1,15-1,4 m bolýar.

Guradyja goýberilýän prosese howanyň temperaturasy  $80^{\circ}\text{C}$ , guradyjydan çykýan wagty bolsa  $25-40^{\circ}\text{C}$  bolýar. Kameraly guradyjyda howanyň temperaturasy gelýän wagty  $100-140^{\circ}\text{C}$ -e çenli, çykýan wagty  $30-50^{\circ}\text{C}$  bolýar. Önüm guradyjyda guradylan wagtynda ilki bilen sowuk howa ýyly önüm bilen düşýär, onuň ýüzündäki çyglylyk aýrylýar. Netijede önüm içki gatlagy bilen ýüzüniň arasyndaky çyglylyk özara tapawut edýär. Bu çyglylyk gradienti diýilýär. Çyglylygyň şu tapawut täsiri ýyly howa täsiri artyp bardygyça önümiň içki gatlagy gyzyp başlaýar. Içki gatlakdaky suw çyglylygy azrak bolup, ýüz gatlagyna garap hereket edýär. Ýyly howa täsiri astynda önümiň içki gatlakdaky temperaturasy ýüz gatlakdaky temperatura garanda pesräk bolýar. Muňa temperatura gradiýenti diýilýär. Önüm guradylanda önümiň ýüzündäki çyglylygyň uçup çykmagyna daşky diffuziýa diýilýär. Önümiň içki gatlagyndan ýüz tarapyna suwuň hereketine içki diffuziýa diýilýär. Önümi guratmakda birinji basgyçda temperatura tizligini götersek, daşky diffuziýa tizlik bilen baryp içki diffuziýa yzda galýar. Netijede önümiň ýüzünde ýaryklar peýda bolýar. Ýaryklar peýda bolmazlygy üçin guratma prosesi ilkinji basgyçda haýalpak alyp barylýar. Ondan başga-da daşky diffuziýa bilen içki diffuziýa mukdary biri-birine deň bolmalydyr. Önümiň içinde hereket edýän suwuklygyň mukdary aşakdaky fomula bilen kesgitlenýär.

$$I = K\gamma_0(\Delta U \pm \delta \Delta t) \quad \text{kg/m}^2\text{sagat} \quad (2)$$

bu ýerde,

I - guratma intensiwligi ýa-da  $1\text{m}^2$  ýüzünden bir sagadyň dowamynda uçup çykýan suwuklygyň mukdarynyň çyg geçirijiligi;

K - koeffisient;

$\gamma_0$ - absolyút gury materialyň deňeşdirme agyrllygy;

$\Delta U$ - çyglylyk (gradiýenti) tapawudy;

$\Delta t$ - (gradiýent temperatura)temperatura tapawudy;

$\pm$  - önümi guratma prosesinde iki dürli ýagdaýy bolmagy mümkin;

$\delta$ - ýylylyk we çyglylyk geçirýän koeffisienti, %/grad.

Şeýlelikde önüm guradylanda suwuklyk hereketi, çyglylyk gradiýenti temperatura gradiýentiniň hasabyna emele gelýär. Çyglylyk gradiýentiniň netijesinde herekete gelen suwuklygyň ugrukdyrylyşy temperatura gradiýenti netijesinde herekete gelen suwuklygyň ugry bilen birmeňzeş bolsa formulada (t) ýazylýar( muňa mysal, bolup massa taýýarlamakda bug ýa-da ýyly suw ulanylşy bolýar). Egerde çyglylygyň gradiýenti netijesinde herekete gelýän suwuklygyň ugrukdyrylyşy, temperatura gradiýenti netijesinde herekete gelýän suwuklyk ugrukdyrylyşy bilen birmeňzeş bolmasa formulada (-) goşulýar.

Materialy guratmak prosesi üç proses boýunça ýerine ýetirilýär. Bu döwürde temperaturanyň artmagy bilen material gyzýar. Wagt birligi içinde buglanýan çyglygyň mukdary artyp barmagy bilen hereketlenýär. I-III döwürde temperaturanyň üýtgemegine, wagt birligi içinde uçup çykýan çyglylygyň, wagtyň birmeňzeşligi bilen hereketlenýär.

III-IV döwürde 3 (.) kritik döwri bolup, mundan başlap guradyş tizligi ýuwaş-ýuwaşdan wagt birligi içindäki suwuklygyň tizligi azalyp barýar.

Materal çyglylygyny wagt birligi içinde üýtgemegini kesgitleýär. Guratma prosesini gowulamak üçin aşakdaky prosesler ýerine ýetirilýär:

1.Toýunyň plastikligi ýokary bolanda, bu 25% çenli suwsyzlandyrylýan toýun goşulýar. Bu guratma dowrünü 2-3 gezek gysgardylýar;

2. Massa taýýarlananda suw ýerinde bug ulanylşy, munda guratma prosesi güýçlenýär we jaýryklar emele gelmeginiň önüni alýar;

3. Massany wakuumlamak, munuň netijesinde alynýan kerpijiň berkligi we sowuga çydamlylygy artýar;
4. Massanyň düzümine  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$  ýaly maddalar 1,5-2% mukdarynda goşulýar. Bu maddalar guratma döwrüni azaldýar.

### 3.9. Kerpiji ýakma prosesi

Ýakmak diýip, materialy ýokary temperatura şertinde gaýta işlemek netijesinde ýarym önümiň daşa meňzeş gaty jisim ýagdaýa girip, mehaniki, fiziki we himiki täsire garşy durma ukybyna eýe bolýan prosesine aýdylýar. Munda kerpiç ýa-da başka önüm suwa, sowuga, ýylylyk ýaly şertlere çydamly ýagdaýlary girýär. Ýakma temperaturasy bilen wagtyň özara baglylygyna ýakmagyň temperatura rejimi diýilýär. Ýakma rejimine aşakdaky faktorlar girýär. Temperaturanyň göterme tizligi ýokary temperaturanyň mukdary, ýokary temperaturada saklap durma wagty we sowatma tizligi girýär, ondan başga-da pejiň içindäki gazly ýagdaý hem degişli bolýar. Bu prosesler tehnologiýa prosesiň iň jogapkär bölümi hasaplanýar. Ýakmagyň rasional rejimi diýlende, gysga wagt içinde az ýangyç harçlanyp önümi braksyz, ýokary tehniki häsiýete eýe bolan ýakma rejimine aýdylýar.

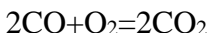
Önüm ýakylanda ýarym önümi Döwlet standartlarynda görkezilen tehniki häsiýetlerine eýe bolýar. Döwlet standartynda görkezilen tehniki häsiýetlerine eýe bolýan ýakma temperaturasynyň çäğine ýakma interwaly diýip aýdylýar. Meselem, kerpiç üçin 75 markany (belgini) berýän temperaturasy, bişmäne başlaýan temperaturasy 8%, suw çekijiligini berýän temperaturasy bişmegiň gutarýan temperaturasy hasaplanýlar. Şu temperaturalaryň tapawudyna bişme temperaturasynyň interwaly diýilýär. Kerpiç üçin bu aralyk 60-100°C töwereginde bolýar. Keramikä önümiň ýakylýan wagty temperatura artmagy bilen onuň mehaniki

gatylygy artyp başlaýar. Bişme interwalynda bu gaty maksimal derejesine ýetýär we onyň dykzlygy hem artyp başlaýar. Gysgarma koeffisienti bişme interwalynda intensiw ýagdaýda köpelip barýar. Suw çekijiligi bolsa bişme interwalynda az mukdara eýe bolýar. Keramiki önümiň bişirme temperaturasy  $t_1 - t_2$  aralygyndaky tapawut alynýar.

Diwarsow materiallary ýakylanda, aşakdaky fiziki-himiki prosesleri bolup geçýär:

1.  $20-150^{\circ}\text{C}$  temperaturada kerpiç guradylýar we düzümindäki gigroskopik suw bolýar. Bu täsirleşmä güýcsiz endotermiki effekt bilen barýar. Suw bug ýagdaýda uçup çykýar, şonuň üçin kerpijiň ýarylmagyna sebäp bolmagy mümkin. Ýarylmazlygy üçin bu döwürde temperaturanyň ýuwaşlyk bilen ýokarlandyrmak gerek;

2. Organik maddalar  $300-400^{\circ}\text{C}$ -de ýanyp gidýär. Bu ýanma iki etapda barýar. Uglerod uglekislota bilen özara täsirleşýär we emele gelen uglerod oksidi jisimiň ýüzünde ýerleşdirilýär. Ikinji tapgyrda daşky ýagdaýdan howa bilen täsirleşip ýanýar we aşakdaky täsirleşme boýunça alNyp barylýar;

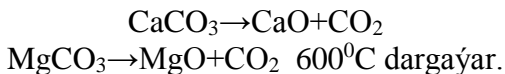


3. Himiki baglanan suw uçup çykýar, bu proses  $450^{\circ}-700^{\circ}\text{C}$  atmosferada bolýar. Bu täsirleşme ýylylyk ýuwudmagy bilen barýar. Netijede temperatura peselip gidýär. Şonuň üçin bu döwürde ýangyç azalmaly bolýar;

4. Toýunyň esasy düzümini emele getirýän minerallar dargamagy netijesinde amorf madda emele gelýar. Bu prosese  $875-1000^{\circ}\text{C}$  töwereginde bolýar. Bu proses temperaturany peseltmeýär;

5.  $700-750^{\circ}\text{C}$ -dan başlap,  $t_{\text{mak}}$  maksimal temperaturada garyşma emele gelýär. Munda önüm bişýär we täsirleşme netijesinde önüm eksplatasion häsiýetlere eýe bolýar;

6. Toýunyň düzüminde  $\text{CaCO}_3$  bolsa, dikarbanizasiýa prosesi emele gelýär we bu prosese  $800-950^{\circ}\text{C}$ -da barýar;



7. Kristal maddalary emele getirýän täsirleşmeler. Bu täsirleşme  $1000^\circ\text{C}$ -dan pes temperaturada ýakylýan önümde azalýar. Ýakylýan kerpiç üçin ulanylýan ýakylan toýunyň düzümine seredip, aşakdaky kristal maddalar emele gelmegi mümkin;

$900^\circ\text{C}$ -de gematit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; wismut  $\text{FeO}$ ; faýalit  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$  emele gelmegi mümkin.  $850\text{--}1100^\circ\text{C}$ -de kristobolit emele gelmegi mümkin;  $950\text{--}1000^\circ\text{C}$  şipinel  $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $573^\circ\text{C}$   $\beta$  - kwar  $\rightarrow \alpha$  kwarsa geçmegi mümkin.

### **Kerpiç ýakylanda aşakdaky rejimler bolup geçýär:**

1. Uly jaýryklar pejiň içine giren önümleri guratmak we sowatmaklygyň tizligini alnyp barlanda emele gelýär. Olary ýok etmek üçin kerpiji gowy guratmaly we temperaturany ýuwaş-ýuwaşdan götermeli bolýar;

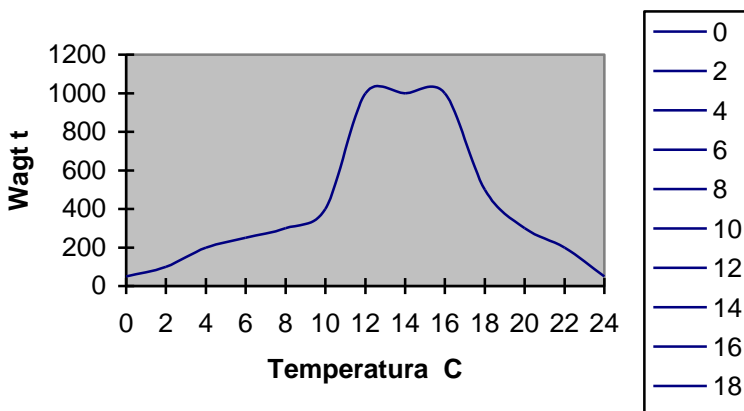
2. Ownuk jaýryklar maksimal temperaturadan soň, sowatmagy tizlenmeginden emele gelýär. Bu braklaryň önüni almak üçin sowatma zonasyny üýtgetmeli bolýar;

3. Brak kerpiçiň ýüzünde ak dagallar emele gelmegi, gyzdurma zonasynda howanyň gowy hereketlenmezligi, onuň önüni almak üçin howa sorýan agregatynyň iş öndürjiligini ýokarlandyrmaly bolýar;

Düzüminde  $\text{CaCO}_3$  köp bolan toýun ýakylanda mullit, anartit we gersenit emele gelmegi mümkin.  $\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  gersenit,  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  mullit,  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  anartit. Toýunyň düzüminde dolomit bolsa,  $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$  dioksidi emele gelýär.

Kerpijiň tunel peçi boýunça ýakmak aşakdaky rejim boýunça alyp barylýar.





Surat 14. Tunel pejinde kerpiçi ýakmagyň egrisi

Eger-de kerpiç plastik usuly bilen galyplanan bolsa 850-910<sup>0</sup>C ýakylýar. Ýarym gury ýagdaýda preslemek usuly bilen taýýarlanan bolsa 1090<sup>0</sup>C-de ýakylýar. Kerpiç ýakmak rejimi şertli ýagdaýda aşakdaky döwürlere bölünýär:

1. 20-100<sup>0</sup>C temperaturasy guratmak diýip atlandyrylýar;
2. 500-700<sup>0</sup>C-de tüsseli gazlar bilen gyzyrmak;
3. 950-980<sup>0</sup>C-de ýangyç goýberilen wagtdaky ýakma prosesi;
4. 400 - 500<sup>0</sup>C ýyly howa alynman sowatmak;
5. 500 - 50<sup>0</sup>C-de ýyly howany çykaryp sowatmak.

### 3.10. Çerepisa işläp çykarmagyň prosesi

Çerepisa atmosferanyň täsirine garşy durýan ukyby, uzaga çydamlylygy oda çydamlylygy, daşky görnüşiniň owadanlylygy bilen tapawutlanýar. Çerepisa ymaratyň taraplaryny ýapmakda ulanylýar.

Çerepisanýň aşakdaky görnüşleri bardyr.

1. Pozoly şamlanan çerepisa, bu çerepisa uzynlygy 310 mm, ini 190 mm bolýar (310x190), sowuga çydamlylygy  $n > 25$  siki, mehaniki gatylygy 75 m<sup>2</sup> az bolmaly däl, 1m<sup>2</sup> ýüzünde 16÷17 däne çerepisa dogry gelýär;

2. Lenta pozoly çerepisa, bu çerepisanyň uzynlygy 333 mm, ini 220 mm bolýar (333x220),  $M_p$  3>25, mehaniki gatylygy  $75\text{m}^2/\text{cm}$ ,  $1\text{m}^2$  ýüzünde 15 däne çerepisa dogry gelýär;
3. Tekiz lentaly çerepisa, bu çerepisa uzynlygy 140 mm, ini 155mm bolýar (140x155),  $M_p$  3>25, mehaniki gatylygy  $75\text{m}^2/\text{cm}$ ,  $1\text{m}^2$  ýüzünde 40 däne çerepisa dogry gelýär;
4. Konkowaýa çerepisa (ýarym halka), bu çerepisanyň uzynlygy 333 mm, ini 200 mm bolýar (333x200),  $M_p$  3>25, mehaniki gatylygy  $75\text{m}^2/\text{cm}$ ,  $1\text{m}^2$  ýüzünde 3 däne çerepisa dogry gelýär;

Çerepisa pozosynyň ýokarda görkezilen çerepisalary aşadaky talaplar goýulýar:

1.  $1\text{m}^2$  ýüzündäki çerepisany suw bilen doýgunlaşdyрма agyrlıgy tekiz lentaly

çerepisa üçin 65 kg, başga çerpisalar üçin 50 kg geçmeli dälđir;

2. Çerepisany suwa doýdurylan ýagdaýynda  $15^{\circ}\text{C}$ , ýahna edip  $+15^{\circ}\text{C}$ -da eredilýär.

3. Çerepisany 2,5 siklden köp sowadylyp ýylylyga çydamly bolmaly;

4. Çerepisanyň ýüzi mylaýym, tekiz, taraplary gyrylmadyk tekiz ýagdaýda dogry

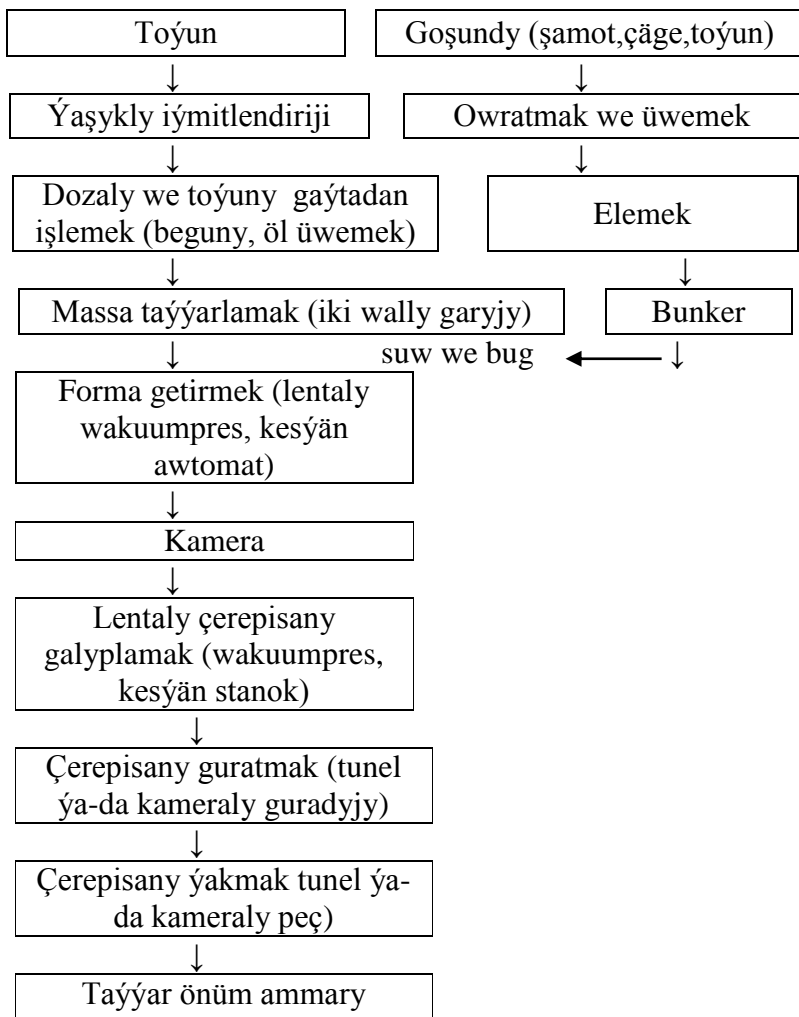
şekile eýe bolmaly, çukurlygy 5mm az bolmaly dälđir;

5. Çerepisa 1 meerde ýakylan ownuk öýjükler we bir jynsly düzüme eýe bolýar;

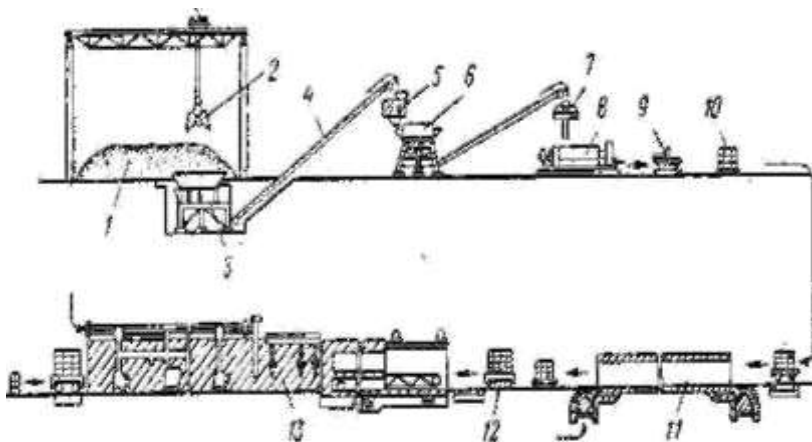
6. Çerepisanyň suw çekijiligi 10%-den ýokary bolmaly dälđir;

7. Çerepisanyň egilýän güýjüne garşy berkligini  $70\text{kg}/\text{cm}^2$  az bolmaly dälđir.

## Çerepisany aşakdaky prosesler boýunça taýýarlanylýar



Çerepisanyň işläp çykarmak üçin ýeňil ereýän, gowy baglanýan häsiýete eýe bolan toýun ulanylýar. Toýunyň plastikligini azaltmak guradylanda we ýakylanda gysgarmagyny azaltmak üçin toýuna şamot, suw ýa-da suwsyzlandyrylan toýun goşulýar.



Surat 15. Çerepisa önümçiliginiň tehnologiki shemasy  
 1- toýun saklanýan ýeri, 2- greýfer, 3 - ýaşikli iýmitlendirji, 4 - konweýer, 5- daş bölüp çykaryjy, 6 - öl üweýän beguny, 7- ownuk üweýän, 8 - lentaly wakuumpres, 9 - awtomat kesiji, 10- guradyjy wagonetka, 11- tunnel guradyjy, 12 – pejiň wagonetkasy, 13- ýakmak üçin tunnel peçi.

Tunnel we kameraly peçlerde çerepisa 900-950°C temperaturada ýakylýar. Köplenç, daşky gatlakdaky kerpiç örülip we üstki gatlagyna çerepisa örülip, ýakmak prosesi 32 sagat dowam edýär. Çerepisany ýakylan wagtynda edil kerpiç ýakylandaky ýaly fiziki-himiki prosesleri emele gelýär.

### 3.11. Çerepisanyň görnüşleri

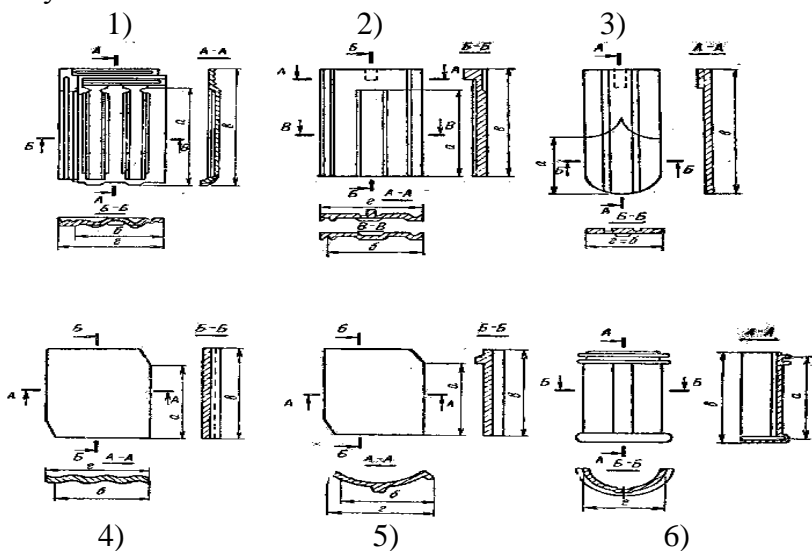
Sementli-çägeli çerepisa onýyllykda giň gerim aldy, ol sowuk klimata çydamly bolup, önümçilikde arzan düşýär. Sementli-çägeli çerepisanyň düzümi, ol tebigi kwars çägesi we sement hek daşyny inçe üwemek netijesinde alnan material, ol toýun bilen birlikde 1000°C temperaturada ýakylýar we gips goşulandyr. Çägä sement we suw garylyp kristallaşma netijesinde beton emele gelýär, emeli daş tebigi daşyňky ýaly häsiýetleri bardyr. Çerepisa reňk bermek üçin pigment demiriň okisi ulanylýar. Bu çerepisanyň fiziki-mehaniki we eksplatasion häsiýetleridir:

- ulanylyş wagty 100 ýyldan köp;
- epilmede ýokary berk (döwürme ýüklenmesi 250 kg /sag az däl);
- ýokary sowuga çydamlylyk;
- ýangyn howpsuzlygy (bitumdan tapawutlylykda ol ýanmaýar);
- biologiki täsire, gün radiasiýasyna himiki täsiri we ýele ses geçirmezlige metala we metaplasta garanda, az ýylylyk geçirijiligi (ýagyşda, ýelde ses geçirmeýär, yssy howada gyzmaýar) bilen tapawutlanýar;
- ulanylyş döwrüniň dowamynda eksplatasiýanyň minimal harçlanyşy.

Çerepisa dünýäde iň gadymy üçek örtüji material köp halklar üçin uzak müňýyllygyň taryhynda çerepisanýň owadan daş keşbi, reňki iň amatly üçegi bezäp arhitektura görnüşidir. Çerepisy öý bu klassika – mundan gowy näme bar?. Diňe ol öýe owadan daş keşbini berip biler. Häsiýetleri keramiki çerepisa meňzeşdir. Görnüşleri: dürli formaly çerepisalar we olaryň örüliş usulynda degişlilikde gadymýetden gelýändir. Häzirki wagtda hem edil şolar ýaly, iki hatarly agaç diregiň üstünde örtülýär; ýokarky hatar we gapdallaryndan çykyp duran gapyrgaly, tekiz görnüşli çerepisalar aşaky hatarda bolýar. Ýokarky hatar üçin želob görnüşli çerepisalar ulanylýar. Olar aşakda ýerleşen çerepisalaryň üstüni ýapýar. Dogry suw akymyny üpjün edýän we kroweýaň egmesine gabat gelýän ýörite altyburçly görnüşli ulanylýar. Tekiz we želob çerepisanýň dürliligi biziň döwrümize çenli saklanyp galdy. Şu wagta hem ony köne jaýlarda görýäris. Ol kesekesilen konusyň ýarty böleginiň görnüşli ýaly we örülende tutuş agaç diregde bolýar: aşaky hataryň çerepisalary öý tarapy bilen ýokaryk örülýär; ýokarky hatar bolsa öý tarapy bilen aşak örülýär, olar aşaky hataryň çerepisalarynyň üstüni ýapýarlar. Bu ýagdaýda plitalaryň ýokarky hatary aşaky hatara direlýär we tagta direge berkidilmeýär, ol öz agramynyň hasabyna saklanýar. S-görnüşli ýa-da başgaça oňa Golland çerepisy

diýilýär. Özboluşly tolkun görnüşli egilen ( ýa-da S harp ýaly), şol sebäpli çerepisalar biri-birine birigip yzygider hataryň ýapýarlar. Hazirki zaman çerepisy, esasan, üç görnüşde çykarylýar: tekiz, tolkun görnüşli (bir ýa-da iki tolkunly) we želob görnüşli bolýar.

Çerepisaň formasy onuň ulanylýan ýerini we örne usuluny kesgitleýär. Tekiz çerepisa iki ýa-da üç gatly jaýlarda örülýär. Tekiz we tolkun görnüşli çerepisalar bir ýa-da iki ýörite pozalara eýe bolup bilýärler. Olar üçeňň berkidilişini gowulandyryr we suw geçirijiligi bilen üpjün edýär. Ýöne olaryň ulanylyş çägi – diňe tekiz krowlýalar görnüşinde bolýar. Gysygrak üst ýüzi emele getirmek üçin želobly çerepisa, mundan başga-da dürli görnüşli (pozasyz) tekizini ulanyp bolýar.



Surat 16. Krowel çerepisy

- 1- şamlanan pozaly, 2 – lentaly pozaly, 3- tekiz lentaly, 4-tolkun lentaly, 5- S emele getirýän lentaly, 6- halkaly

Keramiki çerepisanıň iki sany tehnologikey önümçiligi belli – lentaly we şamply usullarda ýerine ýetirýärler. Lentaly çerepisanı başga lenta görnüşlere getirip soňra aýratyn

çerepisalara kesýärler. Ştamly çerepisany ilki bilen ýörüte metal formalarda presleýärler. Lentaly plitkada çerepisanyň dikligine poza eýe bolup bilýär. Ştamply bolsa hem kese hem dik bolýar. Sement-çägeli çerepisa lentaly tehnologiýa boýynça öndürülýär.

Keramiki we sement-çägeli çerepisalar daş keşbi bilen meňzeş, ýöne galyňlygy boýunça tapawutly bolýar. Keramiki plita has ýuka, nepis, sement-çägeli galyň onuň gýralary kesilen ýalydyr.

Sement-çägeli çerepisanyň öndürjileri şu kemçiligi aýyrmak üçin işleýärler: sement-çägeli çerepisanyň gapdaly aýlaw çykarylyşy ýola goýuldy, bu bolsa onuň daşynyň owadanlygyny, özüne çekijiligini ýokarlandyrýar. Krowel materialyň saýlanylyşy köp faktorlara bagly bolýar. Jaýyň görnüşine, üçeğiň aýratyn konstruktiv elementlerine isleg bildirilýänleriň maliýe mümkinçiligine görä, regionyň tebigi aýratynlyklary we başgalar.

### **3.12. Ýapgyt üçekler üçin materiallar**

Bu giňden ulanylýan kiçi koeffisientli krowel materialy bolup, ol iki wertikal gulpa eýe, şol sebäpli jaýryklaň emele gelme mümkinçiligi az bolýar. Çerepisany agaja bir tarapy bilen berkidilýänligi üçin kroweýa beýleki aýratyn bölekleri erkin hereket edýär. Şemal basyşynyň gurnalyşynyň çökündisi bilen ýüze çykan deformasiýasy bu kroweýa kabul edip bilýär.

Aýratynlyklary:

- oda çydamlylygy;
- uly möhletli gulluk wagty;
- owadanlygy.

Çerepisa üçege seretmek aňsat, sebäbi ýygy-ýygydan reňklemek we bejergi işlerini geçirmek hökman däl. Ony bejermek aňsat, hat-da ýaňy başlan gurluşykçylara hem ýeňil bolýar.

**Sement-çägeli çerepisa:** ony reňklenen ergin garyndysynyň ýokary basyşdaky presinden ulanyp taýýarlanýar. Garyndynyň düzümi: portlantsement, kwars çägesi, suw we aşgar pigmenti. Çerepisanyň uly göwrümlü reňklenen reňki ulanyлма prosesinde saklanylýar. „Beton-çerepisa“ diýip atlandyrylýan önüm takyk ölçegleri bilen tapawutlanýar. Portlant çig şertinde ýylboýy gataýan bolsa, onda sement-çägeli çerepisa ulanyлма prosesinde öz berkligini toplaýar. Bu bolsa beýleki çerepisa görnüşinden ony tapawutlandyrýar. Wagtyň geçmegi bilen öz tehniki häsiýetlerini ýitirýärler. Sement-çägeli çerepisanyň ulanylyşy, bu ulanylyşynyň nukdaýnazaryndan dogry çözgütdir. Şular ýaly üçek az-owlak seredilende bejergini talap edip durmaýar. Çerepisaly üçek jaýlarynda gowy ses şertleri döreýär: ýagyşyň gohy, şemalyň sesi, şäher ulaglarynyň sesi asla eşidilmeýär. Şular ýaly gurluşy kroweýa „dem almaga“ mümkinçilik berýär, şonuň üçin üçekde ýygnanýan çyglylyk derrew bugarýar. Hiç hili çüýreme we heňleme bolmaýar. Öýde şular ýaly üçegiň astynda sagdyn we ýakymly howa bolýar.

**Keramiki çerepisa:** guradyp ýakyp toýuny massa görnüşe getirip alynýar. Esasy çig maly demir oksidleriniň saklaýan ikilenji lentaly toýunlary ulanylýar. 1000°C temperaturada ýakylanda, adaty keramiki çerepisa mele-gyzyl reňke eýe bolýar. Ýakylanda çerepisany çyrçalasak, oda ýylpyldaýan gorag örtügi emele gelýär. Ýerli we daşary ýurt zawodlary keramiki çerepisanyň dürli görnüşlerini çykarýar: tekiz, lentaly, poza lentaly, ştamplý, bir tolkunly, iki tolkunly, želobly görnüşleri bardyr. Bu berk, uzak wagtlaýyn oda çydamly, gohy siňdiriji, korroziýa durnuklylygy bilen tapawutlanýar. Üçegi saklamak üçin harçlamalar örän ujypsyzdyr. Çerepisa üçege amatly bolup, ýylyň geçmegi bilen onuň reňki doýgunlaşýar we owadanlaşyp başlaýar.

**Ýumşak çerepisa (bitum, çeýe çerepisa):** ýumşak çerepisany çeýe diýip hem atlandyrýarlar. Ýumşak çerepisanyň düzüminde bitum bilen siňdirilen aýna süýümi ýa-da organiki



birleşmeler deyişlidir. Armatura okislenen bitumly we dürli polimer goşundyly iki sany gatlagyň birikmesi bolup hyzmat edýär. Bu bolsa çerepisanyň berkligini, deformasiýa durnuklylygyny üpjün edýär. Çeýe çerepisanyň üst ýüzi bazalt granulýant ýa-da mineral ownujak bilen örtülen, bu bolsa dürli reňkli edip, ony ultrameleşe şöhlelerinden, tebigy üýtgemelerden goraýar. Çerepisanyň arka ýüzüne ýelim gatlagy ýa-da kremniý çägesi örtülen, bu plitalary özara ýelmeşmez ýaly saklanylanda we transportirlenende edilýär. Ýumşak çerepisanyň esasy bolup, ýokary suwa durnuklylygy hyzmat edýär.

Metal list krowel materiallary, tekiz metal list materiallardan ýasalan krowlýasy 12<sup>0</sup> egmeden kiçi bolmaýar. Listleri özara falsleriň kömeginde berkidilýär. Bu elde ýasalýar ýa-da ýörite guralyň kömeginde oňarylýar. List materiallary sink, mis, polimerly we polimersiz sinklenen polat ulanylýar. Krowel işleri üçin sinki ergin görnüşinde titanyň we misiň birazrak mukdary ulanylýar (0,1-0,2 % -li).

Bu goşulmalar sink sowuk ýagdaýynda çeýeligini ýokarlandyrýar. Gurluşyk materiallary bazarynda krowel „titanosink“ diýip atlandyrylýar. Misi hem krowel materialy ýaly köp wagtdan bäri ulanylýar. Mis arhitektura owadanlyga eýe, ony aýratyn ýagdaýlarda ulanýarlar (100 ýyldan hem gowrak ulanyp bolýar). Mis kroweýasy başda ýalpyldaýar, soňra kem-kemden garalýar we ortügi goňur reňke eýe bolup biler.

Tolkunly metal listler, metal çerepisa edil ýumşak plitalar ýaly owadan goýulan nagyşly çerepisadyr. Bu zähmet harçlanmasyny kiçeltmekligini tygşytlaýar. Metal çerepisanyň listlerini osinklenen poladyň ýa-da ştamlap alýumini usulynda we yzygider prosesinde gaýtadan işlenilende ýasalýar. Takyk suraty gaýtalap, deň düşüriljekdigini üpjün edýär. Listiň uzynlygy 40-dan 8 m çenli, ini 1 m golaý, galyňlygy 0,5 mm çenli bolýar. Adatça, çerepisa garanyňda metal çerepisanyň kroweýasy alty esse kiçidir. Üçege listleri 10<sup>0</sup> egilmede

goýýarlar. Metal çerepisany birikmä ýörite korroziýa durnukly şuruplar bilen berkidýärler. Metal çerepisany köne agaç kroweleriň üstüne hem örüp bolýar. Metal çerepisanyň kemçilik tarapy bu beýleki kroweler bilen deňeşdirilende, gohuň eşdilmegi ýagşyň, garyň togalanmagy bolup durýar.

### **3.13. Fasad keramikasynyň bezegi materiallary**

Bezeg materiallaryň ulanylyşyna seredip aşakdakylara bölünýär:

1. Ymaradyň ön tarapyny bezeýän materiallar;
2. Içki ýüzüni bezeýän materiallar;
3. Pola goýulýan keramiki plitalari;

Ymaradyň ön tarapyny bezemek üçin ulanylýan plitalar üç bölege bölünýär:

1. Bezeg plitalary (kerpiç, we beýlekiler);
2. Arhitektura bezeg önümleri;
3. Fasad bezeg plitalary.

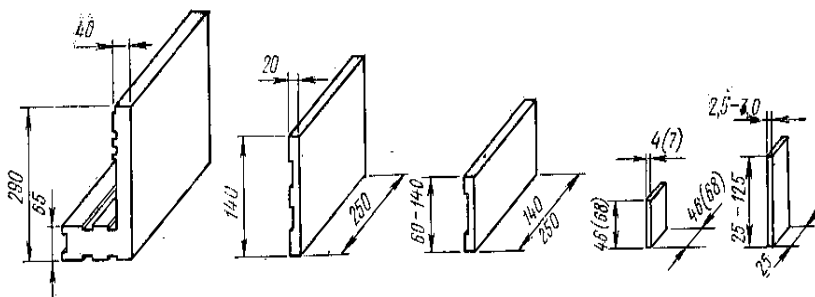
Owadanlanan kerpiç ýa-da daşlar toýundan garyndylar goşup ýa-da goşmazdan goýlan we bişirlen ýahna ýagdaýda bolýar. Bu materiallar binanyň aşagyny bezemek üçin peýdalanýar.

Bu materiallar ulanylýan ýerine seredip, ýönekeý ýa-da profilli bolmagy mümkin. Bezeg kerpiji we plitalary daş tarapa garadylan bolup ýüzi owadan, darak-darak görnüşli nagyşlanypdyr. Syrça bilen gaplanandyr. Bezeg materiallary plastik ýarym gury ýagdaýda, şekil berme usulynda taýýarlanýar. Timarlanan kerpiç ýa-da daşlar gysylmadaky berklik derejesine seredip 4 belgä bölünýär: 150, 125, 100, 75.

Arhitektura bezeg önümleri 30-dan hem köp görnüşli häzirki wagtda işläp çykarylýar. Fasady bezeýän plitalary diwaryny berkleme usulyna seredip iki topara bölünýär:

1. Diwar kerpijini örän wagtynda ýerleşdirilýän bezeg plitalary;

2. Diwar kerpiji gurulandan soň, ýörite garyşmanyň kömeginde ýelmeşdirilýän plitalar.



Surat 17. Jaýyň ön tarapyna goýulýan (fasad) keramiki önümleri

### **Jaýyň ön tarapyny (Fasady) bezeýän plitalary aşakdaky görnüşlerden ybaratdyr:**

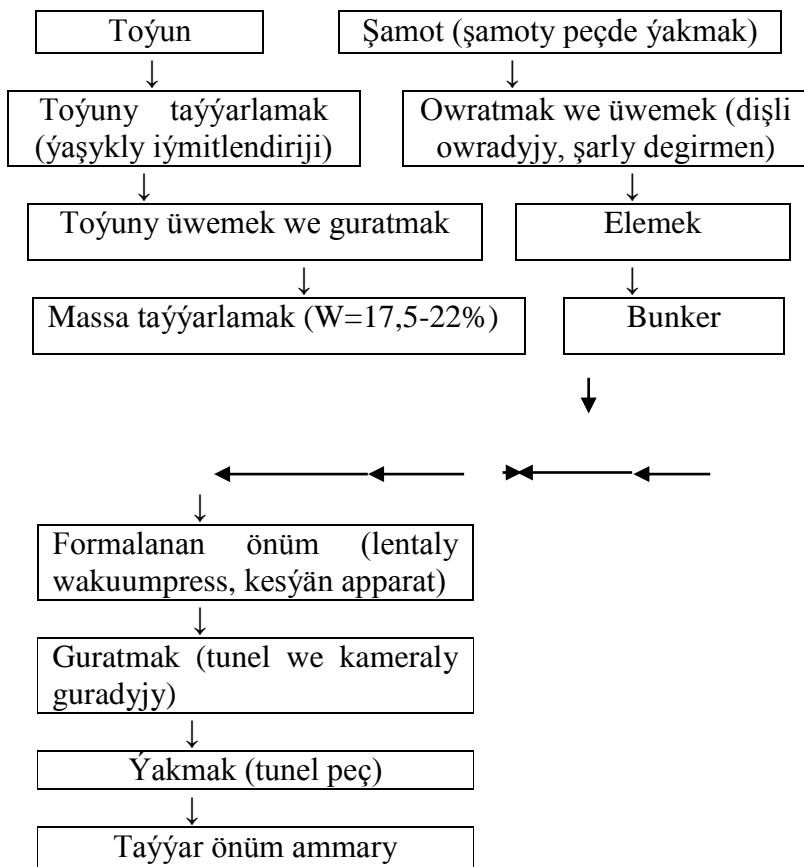
1. Haly nusgaly plitalar, bu plitalara suratly kagyz listi ýelmenýär we grafit saralan kagyz ýeňil ýuwulýar. Bu plitalaryň ölçegleri 46x46x6mm, 48x48x6mm we 23x23x6mm bolmagy mümkin;
2. Kiçi ölçegli plitalar, bu plitalaryň uzynlygy 250 mm, beýikligi 140 mm, ini 20 mm. "Kabançik" görnüşdäki plitalar, bu plitalaryň uzynlygy 120 mm, beýikligi 65 mm, ini 7 mm we ýene-de uzynlygy 250 mm, beýikligi 215 mm, ini 35-40 mm bolýar;
3. Arhitektura bezeg önümleri.

Hemme fasady bezeýän materiallara aşakdaky talaplar goýulýar:

1.  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ -de sowuga çydamlylygy 25 sikkiden az bolmaly däl;
2. Suw çekijiligi 12%, haly nusgaly plitalar üçin 14%, beýleki önümler üçin 6% araçäkte bolmalydyr;
3. Önümiň düzülişi ownuk öýjükli bir jynsly bolmalydyr;
4. Önümiň ölçegi anyk we gyalary tekiz bolmalydyr. Deffektler bolmaly däl;

5. Önümiň ýüzüniň reňki tassyklanan etalon reňkine dogry gelmelidir.

Fasady bezemek materiallary aşakdaky tehnologiýa çyzygysy boýunça taýýarlanýar



Fasad keramikasyny taýýarlamak we ulanmak üçin aşakdaky talaplara jogap bermelidir.

1. Toýunyň plastikliگی ýokary birikýän häsiýeti ýokary guratmana duýgyrlygy az we guradylanda jaýryk bolmaly däl;dir;

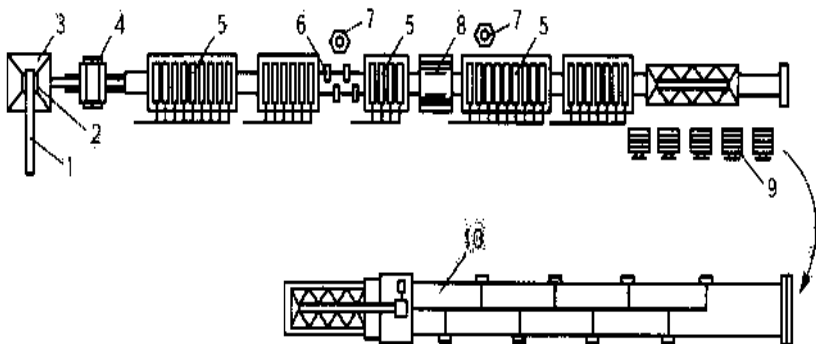
2. Bişme teperaturasy pes, bişme interwaly köp bolmalydyr. Toýunyň düzüminde hek daşy, demir birikmeleri, daşlar, suwda ereýän duzlar az bolmalydyr;

3. Toýun ýakylanda reňki bir tekiz bolmalydyr;

Ýokarda getirilen talaplara doly jogap berip bilmeýän toýuny ýokary hilli toýun ýa-da kaolin bilen goşup ulanyp bolýar.

Fasady bezeýän materiallary plastik usul bilen hem-de ýarym gury usulynda preslemek usuly bilen taýýarlanýar. Fasady bezeýän materiallary plastik usuly bilen 17,5-22% çyglylykdaky massada we ýarym gury ýagdaýda 6-8% çyglylykda massadan preslemek usuly bilen taýýarlanylýar. Munda, preslemek basyşy 100-250 kg/cm<sup>2</sup>-i emele getirýär. Önümçilikde plitalar syrçalanyp we syrçalanman goýberilýär. Önümçilikde köp ýaýran ýarym gury usulynda preslemek usuly bolup, çyglylygy 6-8 %-den ybaratdyr. Pürküji plitalarda alynýar. Uly bolmadyk galyňlykdaky plitalar intensiw bolup, rolikli guradyjylarda guratýarlar we bir hatar boýunça rolikli guradyja ýerleşdirýärler. Önümiň çyglylygy 1,75 -2,5% çenli guradylýar. Plitalar syrçalanýar, soňra çyglylygy 0,5%-de çenli, 30-40<sup>0</sup>C çenli guradylýar. Plitalar guradylandan soň, rolikly peçde ýakmak üçin berilýär. Önüm 850-950<sup>0</sup>C temperaturada 30 minudyň dowamynda ýakma prosesi geçirilýär.

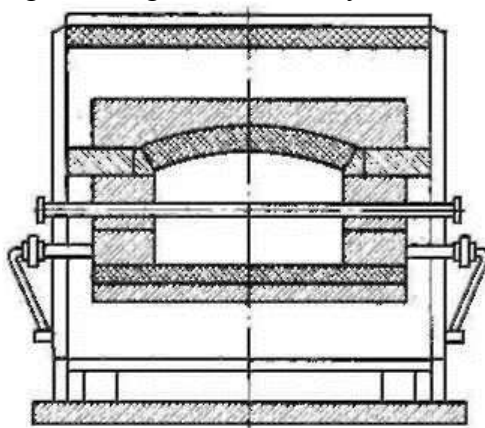
Rolikli peç hem tunel pejiniň bir görnüşi hasaplanylýar. Rolikli peç önümçiliginde amatly hasaplanýar, ýagny tunel pejinden birnäçe esse arzan bolup oda çydamly materiallar az harçlanýar, guratmak we ýakmak prosesleri ýeňil, ýakma dowalylygy 6 sagat peselýär. Ýangyjyň harçlanyşy iki esse peselýär we önümiň hili artýar.



Surat 18.Önümçilikde fasad plitalaryny akym boýunça syrçalamak  
1 – transporter; 2- burat elegi; 3- bunker; 4- pres; 5 – guradyjy syrçalaýan transporter; 6 - syrçany iri sepmek; 7- syrça basseýni; 8- syrçany inçe sepmek; 9- -plitalaly teleşka; 10-rolikli peç

Ýüzi işlenen kerpiji we daşlary taýýarlamak üçin üstünde işlemek birnäçe usulary bar:

1.Wakuumpresden çykýan massanyň ýüzüne barabana oralan reziniň kömegi bilen gül salmak usuly;

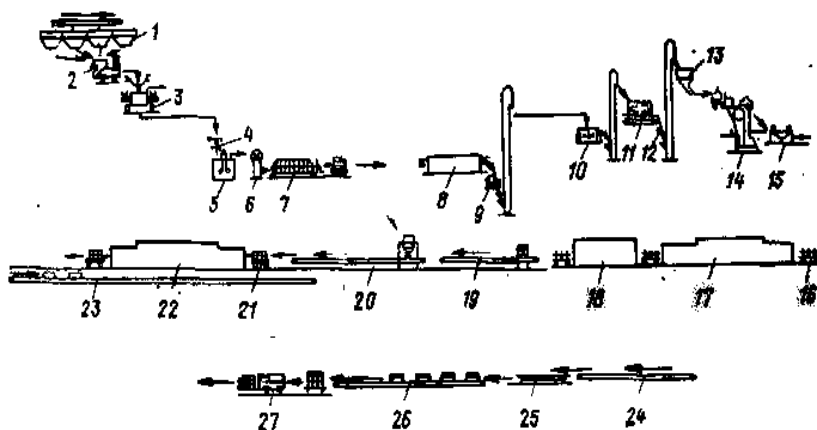


Surat 19. Rolikli şelli pejiň shemasy

Munda rezine geýdirilen baraban hemişe aýlanyp durýar we çykýan massanyň ýüzi oýkalanyp geçýänligi sebäpli, ýüzüne gerekli nagş düşýär.

2. Esasy wakuumpres bilen muntştuk arasynda onuň esasy okyna perpendikulýar edip, wakuumpres ýerleşdirilýär we ol arkaly ýalpyldaýan ýüze emele getirýän massa goýberilýär. Bu ýüzüniň galyňlygy 2-4mm-i emele getirýär;

3. Munda galyplanan ýarym önüm 4-5 atmosfera astynda ýörite kamerada bejerilýär. 80 % gum, 20% reňkli çüýşe garysmasyndan ybarat üwelen önümiň ýüzüne kameranyň içinde preslenýär.



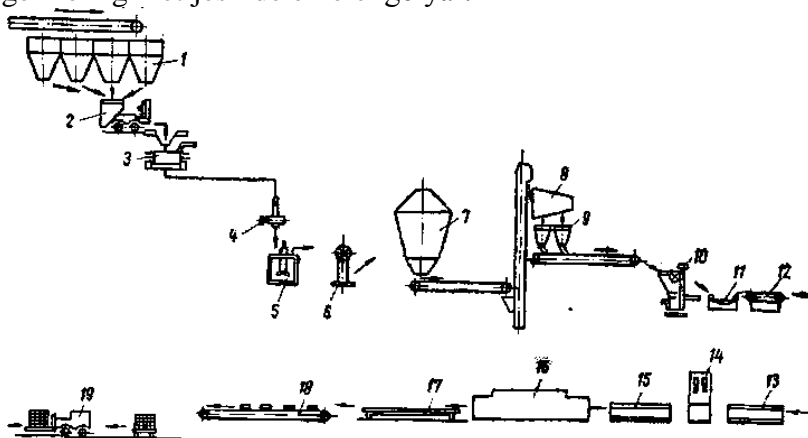
Surat 20. Syrçaly keramiki plitalaryň iki usulda ýakmagyň önümçilikdäki tehnologi shemasy

1-bunker; 2-agram wagonetka; 3-öl üweýän şarly degirmen;  
4-elektromagnitli wibroelek; 5-basseýn; 6-membrana nasosy; 7-filtr pres;  
8, 17-tunel guradyjy; 9-dişli walik; 10-ýörite çekijli degirmen; 11-kontrol elek; 12-elektromagnit seperatory; 13-çyglylygy deňeşdirmek üçin bunker (2-3 gije-gündüz); 14-pres; 15- plitalary arassalamak we timarlamak üçin awtomat; 16-wagonetka; 18,22-tunel peji; 19-transporter; 20-konwerly çyrçalaýan awtomat; 21-ikinci ýakmak üçin wagonetka; 23,24,26-lentaly transporter; 25-ölçeği boýunça plitalary saýlamak üçin konwerly awtomat; 27-taýýar önümi ammara ýa-da wagonetka ýüklemek.

Fasadly bezeg materiallary guratmaga goýberilýär we konweýer guradyjylarda guradylýar. Guradylan önümi tunel peçlerde ýakylýar. Tunel peçlerde 24-47 sagat dowam edýär.

Ýakma temperaturasy 1100-1150°C-de emele gelýär. Fasadly bezeg materiallary işläp çykarmakda aşakdaky braklar emele gelmegi mümkin:

1. Sowuga çydamlylygynyň azalyp gitmegi. Bu brak önümiň suw çekijiligi köpelende emele gelýär. Suw çekijiliginiň köpelip gitmegi ýakma temperaturasy peselende, ýakma wagtyň azalanda we önümi preslemek basyşy azalanda emele gelýär;
2. Mehaniki gatylygyň azlygy. Preslemek basyşy azalyp gidende mehanik gatylyk peselýär;
3. Önümiň ýüzünde jaýryklar emele gelmegi. Bu braklar presporoşogyň çyglylygy köpelip gidende emele gelýär;
4. Önümiň deformasiýasy ýakylanda temperatura ýokary bolanda emele gelýär;
5. Sowukdan ýarylmany. Bu brak önümi çalt sowadylmagy netijesinde peýda bolýär;
6. "SEK" syrçasy, syrça we önüm taýýarlananda massanyň temperaturasyndan giňelme koefisienti biri-birine dogry gelmezligi netijesinde emele gelýär.



Surat 21. Önümçilikde keramiki plitalaryň bir usul bilen ýakmagyň tehnologi shemasy

1-bunker, 2-agram wagonetkasy, 3-öl üweýän şarly degirmen, 4-elektromagnitli wibroelek, 5-basseýn, 6-membranally nasos, 7-pürküji guradyjy, 8-elekburat, 9-bunker, 10-pres, 11-plitalary arassalamak we

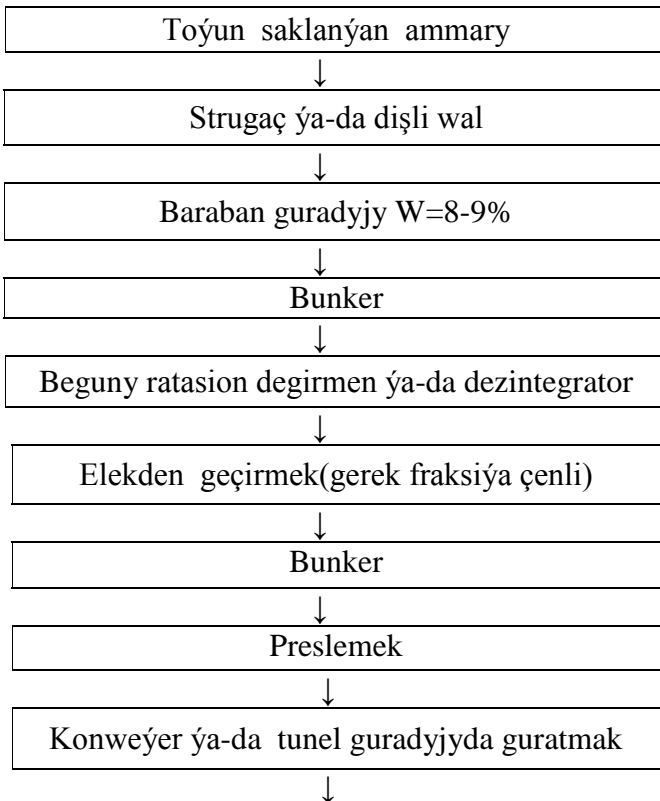


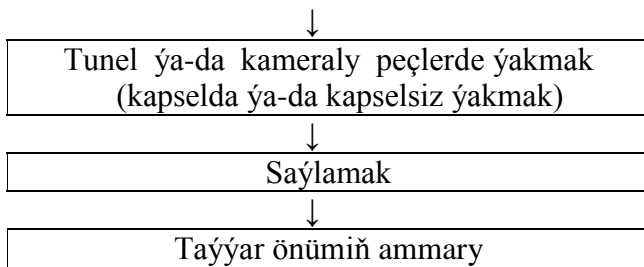
timarlamak üçin awtomat, 12-plitalary paýlamak üçin awtomat, 13-ilkinji guratmak üçin guradyjy, 14-syrçalaýan maşyn, 15-gutarnykly guratmak üçin guradyjy, 16-rolikli peç, 17-ölçeği boýunça plitalary saýlamak üçin konweýerly awtomat, 18-gaplamak üçin tranporter, 19-ýükleýjy maşyn (wagonlara we ammara ugratmak üçin).

### 3.14. Ýere düşelýän (pol) keramiki plitalar

**1.Ýarym gury usuly:** massa taýýarlamak üçin birmeňzeş meerdäki düzüme eýe bolan toýun ulanylyp, düzüminde goşmaça madda goşulmadyk ýagdaýda ulanylýar.

Ýarym gury usulda ýere düşelýän plitalaryň tehnologiği çyzygysy





Ýere düşelýän plitalar TDS boýunça aşakdaky talaplar goýulýar:

1. Plitalaryň suw çekijiligi 4%-den geçmeli däldir;
2. Plitalaryň himiki berkligi 97-98%-den az bolmaly däldir;
3. Ölçeğleriniň gyra çykmagy, gyalary boýunça  $\pm 3\text{mm}$  we galyňlygy  $\pm 1\text{mm}$ -den geçmeli däl;
4. Plitalaryň reňki etalonyň reňkine dogry gelmeli.

Toýunyň düzümine, hiline, taýýarlanan massanyň düzümine garap massa üç usul bilen taýýarlanylýar:

1. Ýarym gury;
2. Plastik usul;
3. Şliker usuly bilen taýýarlanylýar.

Plitalar guradylandan soň çyglylygy 2%-i emele getirýär. Plitalar, esasan,  $100-120^{\circ}\text{C}$  temperaturaly howanyň kömegi bilen guradylýar. Guradylandan soň howanyň temperaturasy  $40-60^{\circ}\text{C}$  bolýar. Plitalar konweýerli guradyjylarda guradylanda 7-8 sagat dowam edýär. Tunel guradyjylarda guradylanda 14-16 sagat dowam edýär. Guratma radiasion guradyjylarda çoglanan gaty jismden bölünip çykýan nurly energiýanyň hasabyna alnyp barylýar we 20-30 minut dowam edýär. Plitalar  $1150-1250^{\circ}\text{C}$  guradylýar. Munuň üçin tunel peçleri gaz kameraly peçler ulanylýar. Tunel peçlerde ýakmak 50-72 sagat dowam edýär. Bu plitalary ýakmazdan öň,  $120^{\circ}\text{C}$  çenli gigroskopik çyglylygy uçup çykýar we temperatura artmagy bilen  $500-600^{\circ}\text{C}$ -de toýunyň düzümindäki himiki baglanan suw uçup çykýar.  $200-300^{\circ}\text{C}$  bolan temperaturada toýunyň düzümindäki organiki maddalar

ýanyp gidýär. 573<sup>0</sup>C-da  $\beta$ -kwarsa we  $\alpha$ -kwarsa öwrülýär. 60-70<sup>0</sup>C-de  $\text{CaCO}_3$ -a 600-700<sup>0</sup>C -da dargaýar we  $\text{CO}_2$  gaz bölünip çykýar.

Egerde toýunyň düzüminde Fe birikmeleri bolsa 800-900<sup>0</sup>C töwereginde faýalit emele gelýär. 870<sup>0</sup>C-de  $\alpha$ -kwarsa we  $\alpha$ -tridimite öwrülýär. 1070-1100<sup>0</sup>C töwereginde ýa-da ereýän maddalar eräp, çüýşe görnüşli faza emele gelýär. Bu faza gaty maddalar arasyndaky boşlugy dolduryp, materialı berkligini, dykzylgyny köpeldýär. Häzirki döwürde plita işläp çykarmagyň ýa-da çaltlaşdyrlanda ýakma usuly bilen işläp çykarylýar. Bu usulda awtomatlaşdyrılan patok liniýada taýýarlanylýar. Bu tilsimat boýunça plitalar taýýarlananda, massanyň düzüminde ýörite taýýarlanan steklogranulýat ýa-da erklez goşulýar.

**3. Şliker usuly bilen:** Ýere düşmek üçin plitalary taýýarlamak üçin poroşok ýagdaýdaky massany şliker usul bilen taýýarlanylýar. Eger-de massanyň düzümine birnäçe komponentler (şamot gumly kwars her hili reňkler) goşulýar.

Bu plitalary işläp çykarmak üçin çig mal hökmünde kyn ereýän we oda çydamly toýun ulanylyp, olaryň düzüminde 22-31,5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bolýar. Çig mal hökmünde toýundan başga kwarsly gum, pegmatit, nefilin, sianid we reňk berýän oksidler, hromly ruda, demir ruda, we başgalar ulanylýar. Ulanylýan toýunyň düzüminde FeS (pirit),  $\text{CaCO}_3$ , slýuda, gips we başga zyýanly garyşmalar bolmaly däl.

Ýere düşelýän üçin plitalar massanyň çyglylygy 7-9%-ni emele getirýär. Massanyň ownuklyk derejesi №0,06 elekte 7-15% galyndyny emele getirýär. Preslemek basyşy iki tapgyrda alnyp barylýar.

1. Basyş  $P=40-60 \text{ kg/cm}^2$ ;

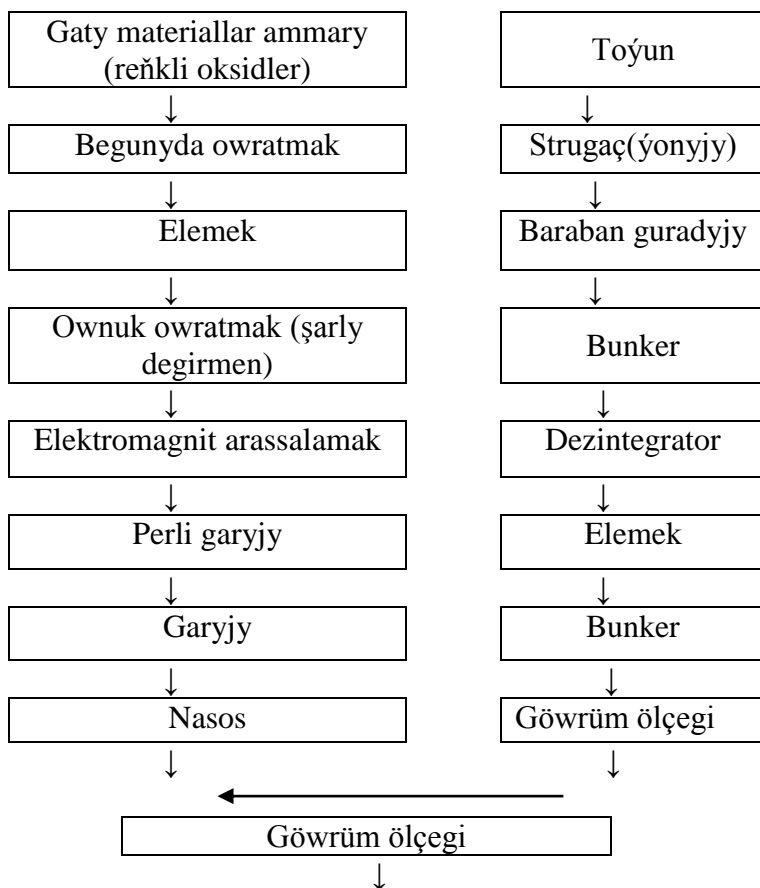
2. Basyş  $P=240-250 \text{ kg/cm}^2$  emele getirýär.

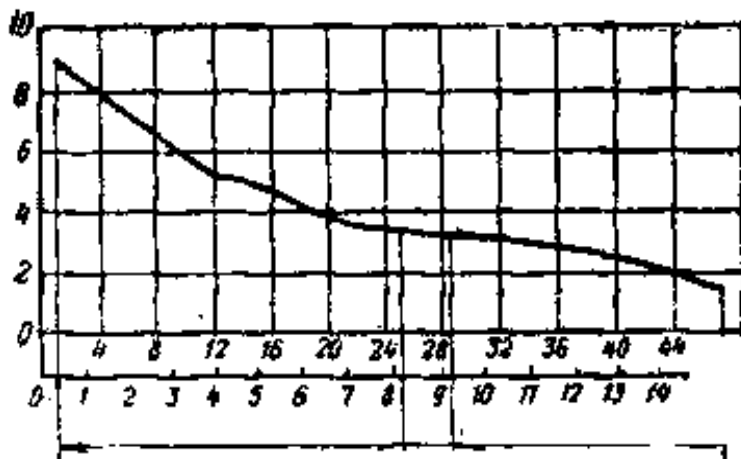
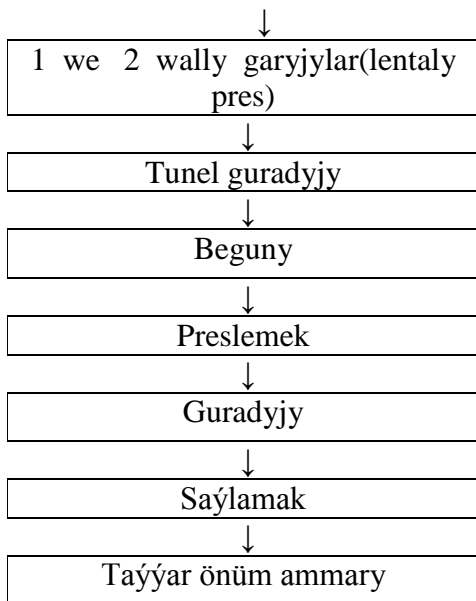
Bu steklogranulýat 920-950<sup>0</sup>C-de ereýär we gaty maddany özara biri-biri bilen baglap plitalary pes temperaturada bişmegine sebäp bolýar. Bu usul boýunça toýun strugaçda (ýonyjyda) owradylyp, ýörite awtomat

terezileriň kömeginde bir meerde suw bilen garyşdyrlyp degirmende öwradylýar. Gaty komponentler şarly degirmende öwradylandan soň toýunsow komponentler bilen arlaşdyrylýar.

**2. Plastik usuly:** toýun bilen bile massanyň düzümine gaty materiallar gum, meýdan şpaty, ýa-da reňk berýän oksidler ulanylýar.

Plastik usulynda taýýarlanan ýere düşelýän plitalaryň tehnologiiki çyzgysy





Çylylygy %

wagty

vvvv Guradyjynyň I bölümi

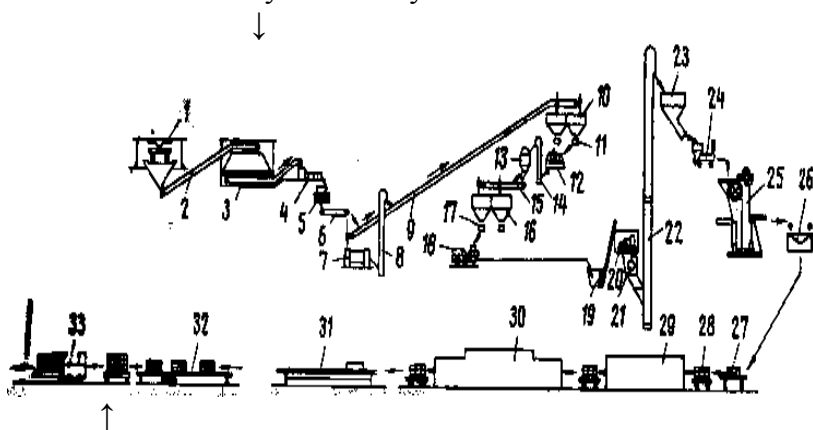
Guradyjynyň II bölümi

Surat 22. Lentalý radiation guradyjynyň ýere düşelýän plitalaryň guratma egriligi

Massanyň düzümine ýörite wanna peçlerde taýýarlanylýar we owradylan erklez goşulýar. Massanyň ownuklyk derejesi №0,06 elekde 1,5-2% galyndy bilen häsiýetlendirilýär. Şlikeriň çyglylygy 40-45% bolup, bu şliker guradyja goýberilýär. Guradyjyda emele gelen poroşogyň çyglylygy 7% emele getirýär. Emele gelen poroşok preslenmäge goýberilýär. Preslenen plitalar radiasion guradyjylarda guradylyp konwýerli peçlerde ýakylýar.

Ýakma temperaturasy 1100-1200°C-ni emele getirýär we ýakmak 60-70 minut dowam edýär. Massanyň düzümine goşulan erklez, şu wagtyň içinde ýakylýan önümi normal ýagdaýda bişmegine sebäp bolýar.

Kaolin we toýun ammary



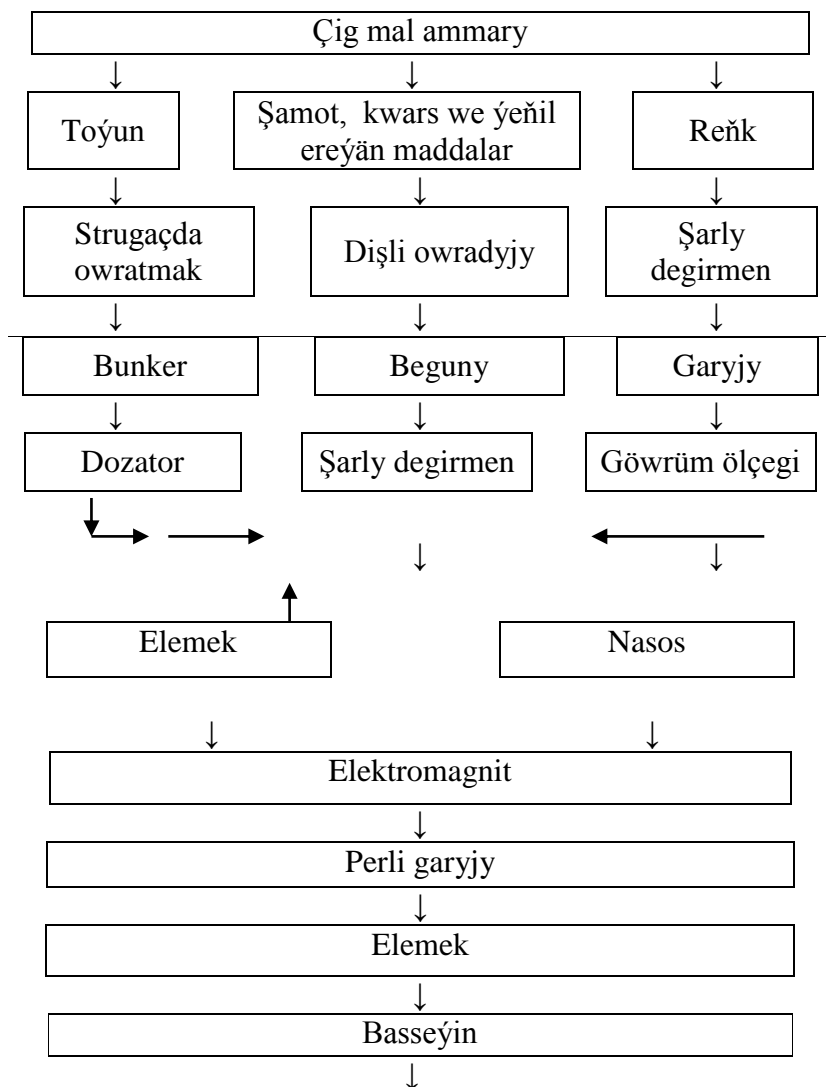
Taýýar önüm ammary

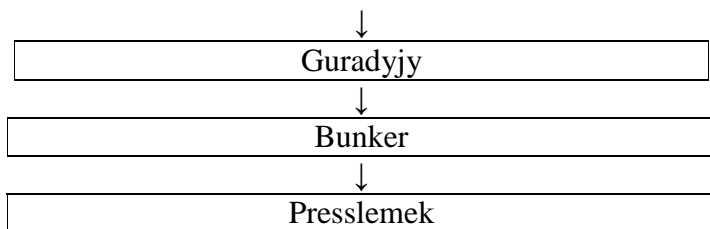
Surat 23. Önümçilikde keramiki ýere düşelýän plitalaryň tehnologi shemasy

- 1-toýun we kaolini wagona ýüklemek; 2,3,6,9, 15-lentalý transporter;  
 4-ýaşikli iýmitlendirji; 5-dişli owradyjy; 7-guradyjy baraban;  
 8, 22-kowşaly elewator; 10,16, 23-bunker; 11,17-jamly iýmitlendirji;  
 12-gury üweýän beguny ýa-da dezintegrator, ýa-da rolikli degirmen;  
 13-howaly seperator; 14-kowşowoý elewator ýa-da pneumatiki tranporter;  
 18-çekiji teleška; 19-göteriji; 20-begunyly garyjy; 21- dezintegrator;  
 24-elektrokara; 25-kolenrýakly pres awtomat; 26-pitalary arassalamak üçin awtomat; 27-oda çydamly kapseleri ýüklemek üçin stol; 28-wagonetka;

29-tunel guradyjy; 30-ýakmak üçin tunel peç; 31-plitalary saýlamak üçin awtomat; 32-plitalar gaplamak üçin stol; 33-taýýar önümi ýüklemek üçin awtoýükleýji.

Şliker usulda paroşok taýýarlamagyň tehnologiكي çyzgysy





Ýere düşelýän plitalaryň daşy dykyz, suw çekijiligi 4%-den az bolmaly. Olary kaolin toýuny, horak maddalary we reňleýjileri goşup garylyp ýasalýar. Ýarymgury massany presläp şekil berýärler, bişýänçä ýakýarlar. Keramiki we mazalika plitalary tapawutlandyrýarlar. Plitalar 4-burçly, 3-burçly, 6-burçly, 8-burçly, gönüburçly bolýarlar. Ýere düşelýän plitalaryň ini 8-10 mm, olar üç tapara bölünýärler.

### **3.15. Keramiki kanalizasiýa turbasyny işläp çykarmagyň tehnologiýasy**

Kanalizasiýa turbasy TDS boýunça aşakdaky talaplar goýulýar:

1. Kanalizasiýa turbalar içki diametrini uly kiçiligine seredip, her bir wagona metr uzynlygy 3-4 tonna güýje garşy durmana ukuply bolmalydyr;
2. Turbanyň kislota çydamlylygy 92%-den az bolmaly däldir;
3. Turbalar iki atmosferadan köp gidrawliki basyşa garşy durmana ukuply bolmalydyr;
4. Turbanyň suw çekijiligi 9%-den geçmeli däldir;

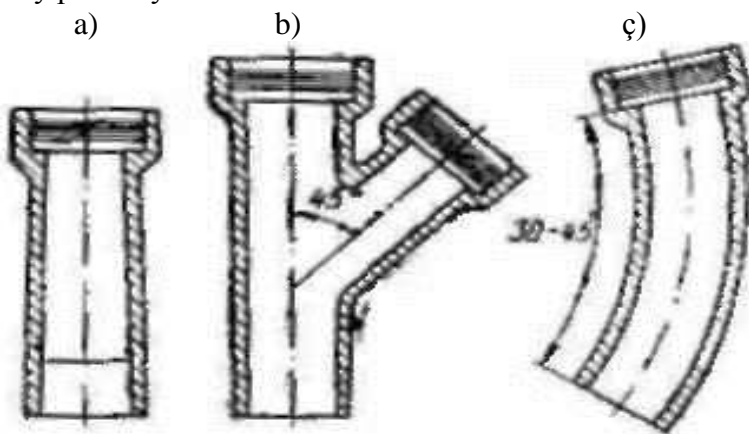
Kanalizasiýa turbalar taýýarlamak üçin kyn ereýän we oda çydamlylygy, bişme interwaly 1100-1180°C töwereginde bolan toýun ulanylýar.

Massanyň düzümine 25-30%-de töwereginde şamot, käwagt bolsa kwarsly gum goşulýar.

Bişme temperaturasynyň peselmegi üçin bolsa, meýdan şpaty ýa-da pigmatit goşulýar. İşläp çykarylan



turbanyň uzynlygy 1-1,2-1,5m töwereginde, dimetri 15-100 cm töwereginde bolýar. Diwarynyň galyňlygy 10-15mm töwereginde bolýar. Kanalizasiýa turba plastik usulda wertikal turbaly preslerde 18-19% çyglylykdaky massadan galyplanýar. Mundan başga kanalizasiýa turbasy poroşok ýagdaýdaky massadan preslemek usulynda taýýarlanýar. Munda gidrostatik usul ulanylýar. Preslemek usulynda rezinkadan taýýarlanan podkladkanyň taraplaryndan basyş arkaly preslenýär.



Surat 24. Keramiki turbalaryň fasonly elementleri  
a – geçirji; b – traýnik; ç – otwod.

Basyş  $P = 125 \text{ kg/cm}^2$  emele gelýär. Massanyň çyglylygy  $W = 7-8\%$  töwereginde bolýar. Kanalizasiýa turbany guratmak 16-24 sagat dowam edýär we guradylandan soň 2-3% çyglylygykda bolýar. Guradylan döwürde kanalizasiýa turbasy 4-6%-e golaý gysgarýar. Guradylan turbalar syrçalamaga goýberilýär. Syrçalama iki usulynda syrça taýýarlanylýar.

1. Toýun, meýdan şpaty, pigmatitden taýýarlanan syrçany ulanmak;

Munda syrçalananda batyryp almak ýa-da syrçany guýmak usuly bilen syrçalanýar. Turbanyň içki we daşky taraplary

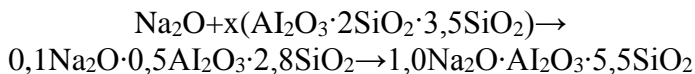
syrçalanýar. Bu usulynda kanalizasiýa turbasy 1150-1180°C-de ýakylýar.

2. Düzümde nahar duzy ulanylýar;

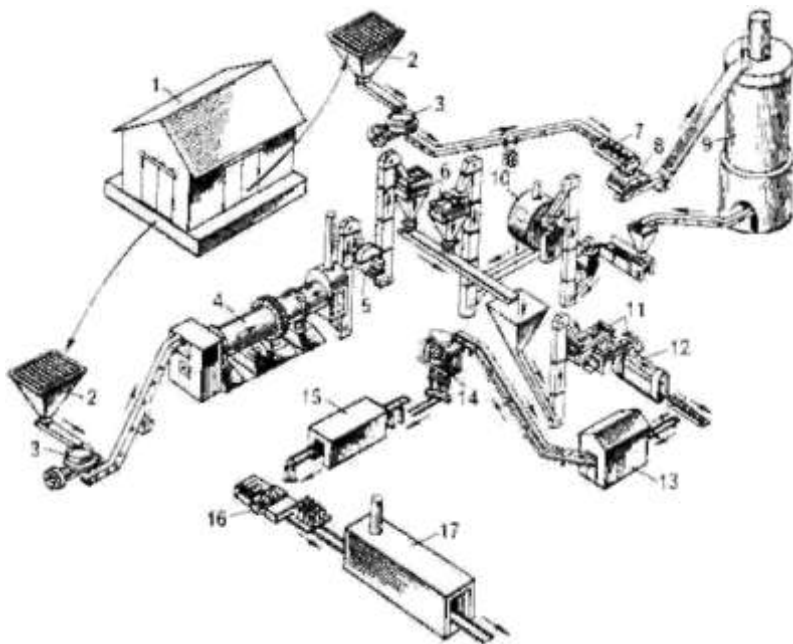
Kanalizasiýa turbalary uznükli işleýän peçlerde ýakylýar we syrçalamak üçin nahar duzy ulanylýar. Munda önümiň ýakma temperaturasy maksimal derejä görülen wagtdan nahar duzy goşulýar. Nahar duzy bilen syrçalamak aşadaky prosese esaslanyp peçe giren duz, howa düzümindäki suw buglary bilen täsirleşip,



şu täsirleşmäni emele getirýär. Hlorid kislotasy uçup çykyp gidýär.  $\text{Na}_2\text{O}$  alýumosilikatlar bilen birigip syrça emele gelýär:



Bu täsirleşme ýylylygy köp mukdarda ýuwudmagy bilen bolýar. Temperatura peselmezligi üçin goşmaça mukdarda ýangyç goýbermeli bolýar. Bu täsirleşme 1180-1290°C töwereginde bolýar. Kanalizasiýa turbasyny aşadaky tehnologiki shemasy boýunça işläp çykarylýar:



## Ammar ugratmak

Surat 25. Önümçilikde keramiki kanalizasion turbanyň tehnologi shemasy  
 1-çig mal ammary; 2-bunker; 3-toýuny ovradyň ýonuýy; 4-guradyjy baraban; 5-dezintegrator; 6-toýuny we şamoty dozalaýjy; 7-garyjy şnek; 8-briketleýji walsi; 9-toýuny we şamoty ýakmak üçin şahta peçi; 10-şamoty owratmak; 11-toýun we şamoty çyglandyryp garmak üçin şnek; 12-formalaýjy pres; 13-ýarymfabrikaty saklamak üçin ammar; 14-turbaly pres; 15-tunel guradyjy; 16-turbany syrçalamak üçin wanna; 17-tunel peçi.

## 4. Himiki berk keramiki materiallary işläp çykarmagyň prosesi

### 4.1. Önümçilikde ulanylýan çig mallar

Himiki berk materiallar diýip, uzak wagtyň dowamynda himiki aktiw maddanyň täsirine garşy durýan we ýeterlik derejede mehanik gatylyga, ýylylyga çydamlylyga eýe bolan

we gazlary ýuwudmaýan materiallara aýdylýar. Bu materiallara ulanylýan çig malyň görnüşine, häsiýetlerine, ulanylşyna, işläp çykaryş usulyna görä klasifikasiýalanýar.

Himiki berk keramiki önümleriň düzümine görä iki hili bolýar:

1. Dykyz materiallar;
2. Gowak materiallar(öýük material);

Dykyz materiallaryň suw çekijiligi 5%-den az bolýar. Gowak materiallaryň suw çekijiligi 5%-den ýokary bolýar.

Himiki berk keramiki önümleriň esasy iki topara bölünýär:

- 1) Iri däneli we öýjük gurluşly;
- 2) Ownuk däneli, bişen we ýarym bişen bolup bilýär.

Syrçаланan hem-de syrçаланmadyk hem bolmagy mümkin. Gowakly materiallar syrçаланmadyk bolýar. Himiki berk önüm işläp çykarmak üçin düzüminde  $\text{SiO}_2$ -55-65%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -20-35 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -3,5-4 %,  $\text{CaO}$ -2-3 %-den az bolan kyn ereýän we oda çydamly toýun ulanylýar. Massanyň düzümine şamot, pegmatit, meýdan şpaty, kwarsly gum, kaolin tehniki syrçаланan we başka çig mallar ulanylýar.

Iri däneli we öýjük gurluşa eýe bolan himiki berk materiallary almak üçin toýun we şamot ulanylýar. Bu massadan kislota çydamly plitalar, kislota ýylylyga çydamly plitalar, kislota çydamly kerpiçler we futerowkalar üçin plitalar we başgalary işläp çykarmakda ulanylýar. Göwrüm ölçegi wentiller, garyjylar we başkalar taýýarlanýar.

Himiki berk materiallaryň bu görnüşi 1100-1250°C töwereginde tunel peçlerde ýakylýar. Suw çekijiligi 2-8%, dykyzlygy 2217 kg/cm<sup>2</sup> bolýar. Kislota çydamlylygy 9%, ýylylyga çydamlylygy 20 siklden az bolmaly däl. Gysýan güýjüne berkligi 300-1200 kg/cm<sup>2</sup>, egilýän güýje bolsa 60-100 kg/cm<sup>2</sup> bolýar.

Himiki berk materiallaryň plastik usuly bilen, preslemek usuly bilen galyplanýar. Preslemek usulynda massanyň çyglylygy 8-80% emele getirýär. Presleme basyşy

300-400 kg/cm<sup>2</sup>, gysylma koeffisenti 1,7-1,5 emele getirýär. Plastik usuly bilen galyplananda, massa wakuumpresden çykarlyp hem galyp ýasalýar. Bişmedik galyp ýapyk jaýda çyglylygy 18-19% ýetýänçä saklanýar we ondan soň fraksion preslerde galyplamak ýerine ýetirilýär. Ýarym önümiň hakyky şekiline getirilýär we onuň gyralary, ölçegleri gerek ýagdaýa getirilýär. Ýarym önümleri guratmaga goýberilýär we guratmak tunel ýa-da kameraly guradyjylarda alnyp barylýar. Uly göwrümdäki ýarym önümler 20-25% temperatura şertinde açyk howada guradylýar. Ondan soň tunel guradyjylarda guradylýar. Guratma prosesiniň hili dowamlylygyna, ýyly howanyň gowrümüne, hereket tizligine, temperaturasyna we çyglylygyna bagly bolýar. Ýyly howanyň temperaturasy we tizligi näçe ýokary bolsa, çyglylygy näçe pes bolsa guratma prosesi şonça gowy bolýar. Ýylylykdan doly peýdalanmak üçin, ýumşak režimi emele getirmek üçin, 25-30% ulanylýan howany guratmak üçin gaýtarmaly bolýar. Munda ýarym önümiň ýüzünden suw çykyş koeffisenti azalýar. Bu wagtyň içinde materialyň içki diffuzion mukdary daşky diffuziýa ýakynlaşýar, bu bolsa brak emele gelmegini azaldýar. Guradylan önümiň çyglylygy 2-5%-i emele getirýär. Ýylylyk kislota çydamly plitalar plastik usulda galyplananda, guratma prosesi 24 sagat dowam edýär. Guradylandan soň W-7-8% bolýar. Kislota çydamly turbalar 70°C-li temperaturada guradylýar we guradylandan soň çyglylygy W-1-2% bolýar, guratma 60-72 sagat dowam edýär. Filtrelýän keramiki gipsden taýýarlanan podon, 1-2 gije-gindüz dowamynda temperaturasy 60°C-de guradyjyda guradylýar. Himiki apparatlar 20-25°C temperatura howada guradylýar we soňra guradyjyda 72-120 sagadyň dowamynda guradylýar. Guradylandan soň çyglylygy 1%-i emele getirýär. Guradylan önüm ýakmaga goýberilýär. Ýakma prosesi aşakdaky ýaly bolýar:

1. 120-150°C-e çenli temperaturany 25 sagadyň dowamynda guradylýar;

2. 200-300<sup>0</sup>C-e çenli temperaturany 25-50 sagadyň dowamynda alyp barýarys;

Bu wagtda önümiň düzümindäki gigroskopik suw uçup çykýar we organiki maddalar ýanýar.

3. 400-650<sup>0</sup>C temperaturada önümiň düzümindäki himiki baglanan suw uçup çykýar, 573<sup>0</sup>C-de  $\beta$ -kwarsa  $\alpha$ -kwarsa öwrülýär. Materialyň düzümindäki organiki maddalaryň ýanmagy netijesinde materialyň öýjüginde uglerod emele gelýär. 40-50 sagadyň dowamynda alyp barylýar;

4. 900<sup>0</sup>C-de emele gelen uglerod doly ýanýar. Bu temperaturada glinazyom bilen kremnizyom birigip, sillimanit emele gelýär.  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ -sillimanit 900<sup>0</sup>C-den başlap ýakylan önümiň düzüminde mullit emele gelýär.  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  mullit. Himiki berk materiallaryň häsiýeti emele gelen mullitiň mukdar ölçegi aýna massasynda özara ýerleşmegine bagly bolýar;

5. 850-900<sup>0</sup>C temperaturada 8 sagadyň dowamynda saklanýar. Bu saklanma karbonatlar we sulfatlaryň dargamagy netijesinde emele gelen gaz görnüşli maddalary aýyrmak üçin gerek bolýar;

1130-1180<sup>0</sup>C temperaturada suwuk madda emele gelip, 1120-1300<sup>0</sup>C-e temperaturada material bişýär. Maksimal temperaturada 2-7 sagat saklanýar. Bu saklanma peçkanyň ýüzünde temperaturany deňeşdirmek üçin gerek bolýar. Ýakmanyň dowamynda 850-900<sup>0</sup>C-de oksidlenýän gaz emele gelýär we 1050- -1200<sup>0</sup>C gaýtarma gaz emele gelýär. Oksidlenýän gaz uglerodyň doly ýanmagy üçin gaýtarýan Fe (III) okidiniň, Fe(II) oksidine gaýtarmak üçin gerek bolýar. Bu gaz sredasyny emele getirmek, pejiň içine goýberilýän howanyň mukdaryny üýtgetmek ýoly bilen ýerine ýetirilýär. Ýokary temperaturada önümi sowatmak üç döwre bölünýär:

1. 700-750<sup>0</sup>C çenli sowatmak, bu döwürde sowatmak 35-50 sagat tizlik bilen alnyp barylýar;

2. 700-400<sup>0</sup>C çenli, bu döwürde sowatmak ýuwaş-ýuwaşdan we 10 sagadyň dowamynda alnyp barylýar. Çünki bu döwürde suwuk faza gaty faza geçýär;
3. 400-40<sup>0</sup>C çenli sowatma, 15-30 sagat tizlikde alnyp barylýar. Sowatma prosesi önümiň uly we kiçiligine seredip, 26-136 sagada çenli dowam edýär.

## **5. Nepis keramika önümçiligi**

### **5.1. Önümçilikde ulanylýan çig mal**

Nepis keramika degişli dykyz bişen ýa-da ownuk öýjükli önüm we birmeňzeş gurluşly, düzgün boýunça, aýna emele getirji gatlak syrça bilen ýuka ýapylandyr. Nepis keramika önümi, köplenç, ak reňkli bolýar. Käbir ýagdaýlarda (dekorativ önümler, gyzgyna çydamly keramiki) önümleri reňkleýji okisleri bilen reňklenen toýundan bölüp çykarýarlar we ondan olaryň reňki gödek keramika önümlerine meňzeş bolýar. Esasy topar önümiň ýörite massasyndan düzülendir. Olar käwagt syrça bilen ýapylan, dürli reňkli bolmagynyň sebäbi tebigy materiallara we nähili materialdan taýýarlanşyna baglydyr. Yöne dykyzlygy we birmeňzeş gurluşy nepis keramika önüminiň toparlaryna degişlidir. Nepis keramika önüminiň önümçilik tehnologiýasynda çig malyň birmeňzeşligi we hiline talaplary ýokarylygy bilen häsiýetlendirýär, çig maly baýlaşdyrmak we inçe üwemek, massany gaýtadan işlemek we çylşyrymly prosesde taýýarlamak, şekillendirmek, önümiň üst ýüzi tehniki talaplara baglydyr. Nepis keramika senagatynyň dürli bölümlerinde we tehnikada şeýlede ylmy işler üçin enjamlar we apparatlary almak üçin giňden ulanylýar. Farfor, ýarymfarfor, faýans, moýolika sanitariýa önümleri we binanyň dürli diwaryny galyplamak üçin taýýarlanyp giňden ulanylýar. Kislota çydamly we öýjükli nepis keramika himiýa senagatynyň dürli pudaklarynda ulanylýar.

## 5.2. Nepis keramika önüminiň klasifikasiýasy

Hemme nepis keramika bişme derejesi iki topara bölünýär:

1. Gowy bişen, örän dykyz we gaty döwülende içi ýalpyldaýarlar (farfor);
2. Öýjükli bölekleyin bişen, berkligi azrak (faýans).

Farfor aşakdaky iki topara bölünýär:

1. Gaty we ýumşak farfor. Gaty farfordan oda çydamly, himiki berk, ýokary we pes woltly elektroizalýasiýa farfor önümleri, hojalyk önümleri hem işläp çykarylýar. Ýumşak farforlardan hojalyk önümleri, çeperçilik bezeg önümleri, sanitariýa önümleri we beýlekileri işläp çykarylýar;
2. Daş görnüşli farfor önümleri, bular hem öz gezeginde iki topara bölünýär:

- 1) Tehniki önümleri, bular tehnika çydamly, ýalyna çydamly himýa senagatynda ulanylýan we bezeg plitalary işläp çykarylýar;
- 2) Çeperçilik bezeg önümleri dürli bezegler we beýlekileri işläp çykarmakda ulanylýar.
3. Ýörite keramika önümleri, munuň düzümine toýun goşulmadyk ýa-da az mukdarda goşulan önümleri degişli bolýar. Meselem, korundly, titanly we başgalar girýär. Bu topara ýene-de oksidlerden taýýarlanan keramika hem degişlidir.

Öýjükli bölekleyin bişen, berkligi azrak toparlary aşakdakylardan ybaratdyr:

1. Ýarymfarforly iki görnüşli bolýar:
  - 1) Hojalyk önümleri işläp çykarylýar;
  - 2) Tehniki ýarymfarfor, sanitariýa gurluşly önümleri, sanitariýa, gigena we medesina önümleri işläp çykarylýar.
2. Faýans dört görnüşli bolýar:
  - 1) Toýunly, mundan hojalyk önümleri, bezeg plitalary we beýlekiler işläp



çykarylýar;

2) Meýdan şpatly faýans, munda bezeg plitalary, sanitariýa önümleri, hojalyk önümleri, çeperçilik bezeg önümleri we ak moýolika işläp çykarylýar;

3) Hekli faýans, munda hojalyk önümleri we moýolika işläp çykarylýar;

4) Şamotly faýans şamotly, faýansly uly ölçegli sanitariýa we çeperçilik bezeg önümleri işläp çykarylýar. Bu faýansdan ýene-de bezeg keramikasy işläp çykarylýar.

### 5.3. Farfor we onuň görnüşleri

Ýakylanda gowy bişen, suw we gaz çekmeýän, ak ýalpyldawuk keramiki materiala farfor diýilýär. Kähalatlarda reňkli farfor bolmagy mümkin, munda düzümine reňk berýän madda goşulýar. Gaty we ýumşak farfor bolýar. Ýumşak farfor düzümine köpräk meýdan şpaty goşulýar we az mukdarda kaolin, toýun bolýar. Gaty farforyň düzüminde bolsa, kaolin köp bolýar we meýdan şpatynyň mukdary bolsa azrak bolýar. Gaty farfor ýokary temperaturada ýakylýar we onuň mehaniki gatylygy, himiki berkligi, ýylylyga çydamlylygy ýokary bolýar. Himiki kislotalaryň we aşgarlaryň täsirine garşy durýar, ukyby hem ýokary bolýar. Keramiki farfordan himiki tejribehanalary üçin gaplaryny termoparalary üçin turbkalar, elektroizolýasiýa önümleri işläp çykarylýar. Farforyň düzüminde  $Al_2O_3$ -ň mukdarynyň artmagy bilen onuň ýylylyga, himiki maddalara çydamlylygy artýar. Farfor ýakylan wagtynda täsirine çydamlylygy bilen kislotalyk koeffisenti anyklanýar, kislotalyk koeffisenti aşakdaky ýaly anyklanýar:

$$K_k = \frac{RO_2}{R_2O + RO + R_2O_3} \quad (1)$$

bu ýerde,  $RO_2$ - $SiO_2$   $TiO_2$ ,  $SrO_2$ -nyň mukdaryny aňladýar.  $R_2O$ -aşgar metal oksidleri;  $RO$ -aşgar ýer metal

oksidler,  $R_2O_3-Al_2O_3$ ,  $Sr_2O_3$ -oksidleriň mukdaryny aňladýar we mol hasabynda görkezilýär.

Kislotaly koeffisienti ýokary bolsa farfor ýumşak bolýar, eger biri ýakyn bolsa farfor gaty bolýar. Gaty farforyň kislotalyk koeffisienti 1,2-1,3 bolýar we ýumşak farforyň kislotalyk koeffisienti 1,68 -1,75 bolýar. Kislotalyk koeffisienti artyp barmagy önümiň portlygyny artdyrýar we ýakylan wagtynda deformasiýa emele gelmegine getirýär. Gaty farfory 1350-1450<sup>0</sup>C-de ýakylýar. Ýumşak farfor düzüminde meýdan şpaty köp bolanlygy üçin, onuň ýakma temperaturasy 1250-1300<sup>0</sup>C-de alnyp barylýar. Ýumşak farforyň mehaniki gatylygy, ýylylyga çydamlylygy, dielektrik berkligi gaty farfora garanda birazrak pes bolýar.

Farforyň görnüşleri has hem köp bolup, onuň häsiýetini gowulandyrmak üçin onuň düzümine (korund  $\alpha-Al_2O_3$ , talk  $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ , sirkony  $SnO_2 \cdot SiO_2$ ) we başga materiallary goşulýar. Bu ýagdaýda farforyň häsiýetleri gowulanýar. Eger-de farforyň düzüminde talkyň mukdary 78%-den geçse, bu materialy stiatiwli keramika diýilýär. Gaty farforyň düzümine 50%-e çenli toýun we kaolin goşulýar we 25%-e çenli meýdan şpaty, 25%-e çenli kwars goşulýar. Ýumşak farforyň düzümine 50-45% toýun we kaolin, 32-35% meýdan şpaty goşulýar, bulardan başga süňk farfory bolup, onuň düzümine 45-50%-e çenli malyň süňkiniň küli, 11-21%-e çenli kwars, 11-40%-e çenli kaolin, 18-19%-e çenli toýun goşulýar. Bularyň ýakma temperaturasy 1200-1250<sup>0</sup>C-ni emele getirýär. Mundan başga, köp kwarsly farfor bolýar, olaryň düzümine 30%-e çenli kwars goşulýar. Pes temperaturaly farfor birinji gezek 750<sup>0</sup>C-de ýakylýar, ikinji gezek 1190-1200<sup>0</sup>C-de ýakylýar. Bulardan başga **Pariont** diýen farfor bolup, düzümine 68% meýdan şpaty, 33% kaolin 1200-1250<sup>0</sup>C-da ýakylýar we bu farfor syrçalanmaýar.

#### 5.4. Faýans we olaryň görnüşleri

Faýans diýip, bölekleýin bişen, öýjükli we ýeňil ereýän syrça bilen gaplanan önüme aýdylýar. Syrçalanmadyk faýansyň suw çekijiligi 10-14 %, syrçalanmadyk faýans suw we gazy ýuwudýar, özünden hem geçirýär. Faýansyň mehaniki gatylygy farfora seredende azrak bolýar.

Toýunly faýansyň düzüminde 75-83% toýun we kaolin, faýans massasyna ýeterlik bolýar we galany kwars çägesi ýa-da ýakylan kwars hasaplanýar. Toýunly faýansyň mehaniki berkligi meýdan şpatyna garanda azrak bolýar.

Meýdan şpatly faýansyň düzüminde 45-65% toýun maddasy, 25-40% kwars, 4-10% meýdan şpaty bolýar.

Hekli faýansyň düzüminde 35-55% toýunly madda, 30-40% kwars, 50-20% mel ýa-da dolomit bolýar.

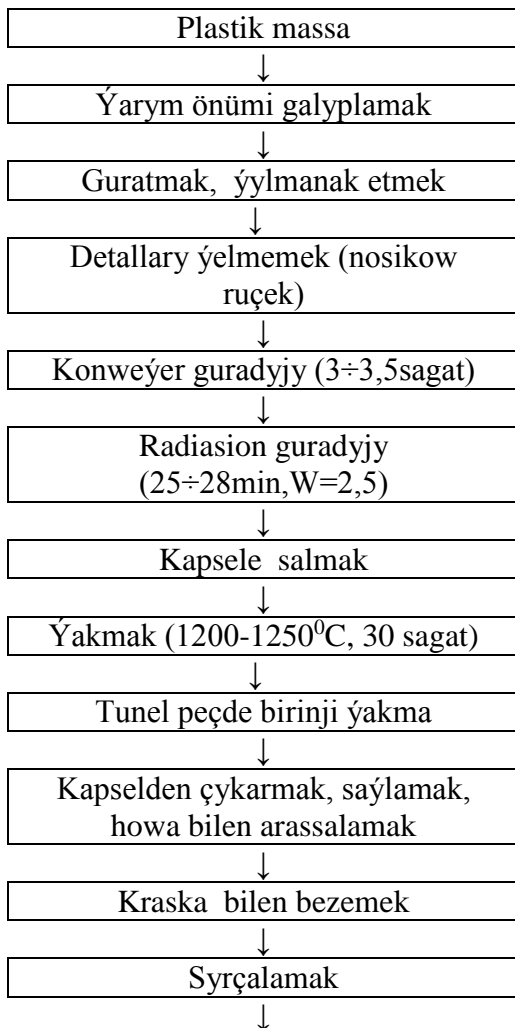
Şamotly faýansyň düzümine 25-30% toýun, 20-40% kaolin, 20-45% şamotdan ybaratdyr. Şamotly faýans ýakylan wagtynda az gysgarýar we şonuň üçin bu faýansdan uly ölçegli önümleri işläp çykarmakda peýdalanylýar.

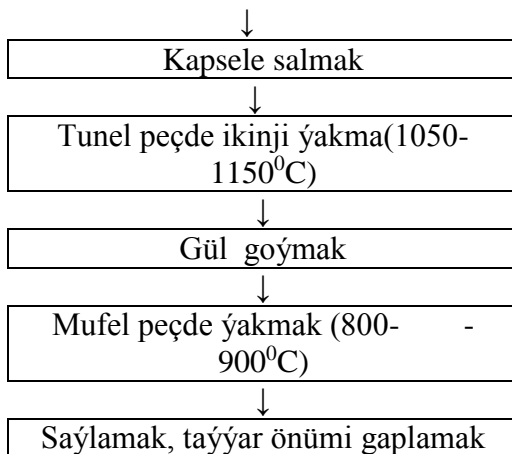
**Faýans** massasyndan hojalyk önümlerinden çeper bezemek önümlerini, sanitariýa, gigena önümlerini we beýlekileri işläp çykarýarlar. Faýans farfora seredilende, 9-12% öýjükliilige (gowaklyga) eýe bolýar. Syrçalanmadyk faýans özünüň düzüminden suwuklygy çykarýar. Şonuň üçin faýansy syrçalaman ulanyp bolmaýar. Syrça ýakylandan soň suw we gaz ýuwudmaýan halyna getirilýär. Faýans önümini almak üçin çig mal hökmünde toýun, kaolin, kwars, meýdan şpaty, dolomit we beýlekiler ulanylýar.

Faýans massasyny taýýarlamak üçin farfor işläp çykarlyşy ýaly, çig maly taýýarlamak olardan massa taýýarlamak usuly boýunça taýýarlanýar, ýagny massany taýýarlamakda kaolini baýlaşdyrmak usullary, toýuny suw bilen garmak usullary, kwars we meýdan şpatyny aýlanma peçlerde ýakmak we sowatmak, soňra olary owratmak, elektromagnitiň kömegi bilen demir birikmelerden arassalamak

usulyndan peýdalanylýar. Massany taýýarlamakda farfor üçin ulanylýan toýun görnüşli materiallary daş görnüşli materiallary bilen bilelikde, owratmak ýa-da aýratyn owratmak usularyndan peýdalanylýar.

Faýans önümlerini aşakdaky tehnologiýa çyzygysy boýunça taýýarlanylýar





Munda faýans farfordan massanyň düzümi bilen tapawutlanýar. Olardan başga faýans massasyny 1000 deş/cm<sup>2</sup> eleke 8%-e çenli galyndy galýança owradylýar. Faýans massasyny taýýarlamak üçin ulanylýar. Abzallary farfor işläp çykarylada ulanylýan abzallar bilen bir meňzeşdir.

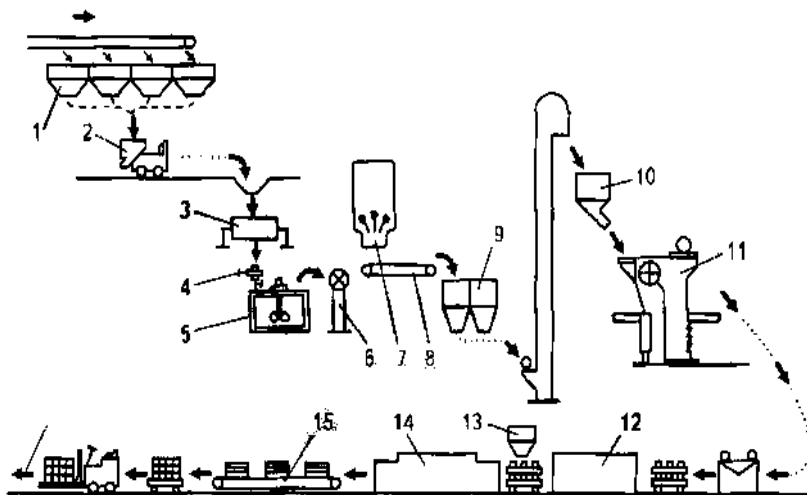
Faýans önümlerini işläp çykarmak üçin üç hili massa taýýarlanylýar:

1. Şliker haldaky massa;
2. Plastik haldaky massa;
3. Poroşok haldaky massa;

Plastik haldaky massadan hojalyk önümlerini, çeper bezeg önümlerini taýýarlamak üçin peýdalanylýar. Hojalyk faýansyny ýarym awtomatda we stanoklarda, şablonda we gips formalarda plastik usulda taýýarlaýarlar. Şliker haldaky massadan hojalyk önümlerini, çeper bezeg önümlerini, şekili kyn bolan önümleri, sanitariýa-gigena önümlerini ulanylýar.

Poroşok haldaky massadan daşky we içki diwarlaryny bežeyän plitalary taýýarlamakda we başga şekilli, ýönekeý bolan önümlerini taýýarlamakda ulanylýar. Faýans önümlerini plastik halda gips galyplara şlikeri guýmak, poroşokdan preslemek usuly bilen galyplanýar. Farfor önümleri ýaly

faýans önümleri hem konweýer guradyjylarda, bezeg plitalary bolsa konweýer radiasion guradyjylarda guradylýar. Gips galyplarda galyplanan önümleri konweýer guradyjylarda iki basgyçda guradylýar. Ikinji ýakma prosesi syrça emele gelmegi üçin ýakylýar.

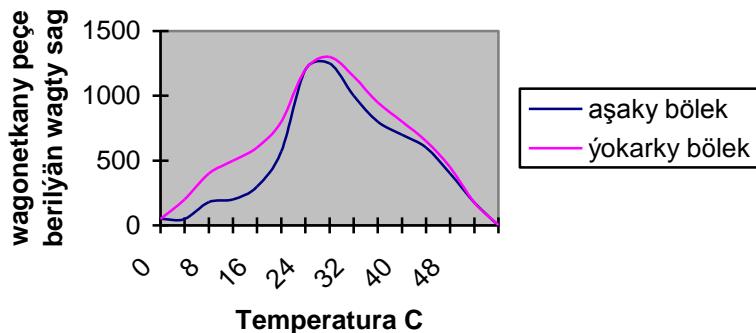


Surat 26. Önümçilikde faýans plitalaryny syrçalamagyň tehnologi shemasy

1-çig mal bunkeri; 2-wagonetka; 3-şarly degirmen; 4-elektromagnit seperatory; 5-propel garyjy; 6-nasos; 7-pürküji we guradyjy; 8-transporter; 9-poroşogy elemek; 10-harçlanýan bunker; 11-pres; 12-tunel guradyjy; 13-syrçalamak; 14-tunel peçi; 15- -saýlamak we gaplamak.

**Ýakma kadasy** emele gelen faýans önüminiň düzüminde kwars bolýar we degidratasiýalanýar. 10-12% töwereginde gowak (öýjük) bolýar. Olaryň düzümindäki çüýşe görnüşli maddalaryň gowaklygy az bolýar. Bu çüýşe görnüşli madda kwars degidratasiýalanan topragy özara birikdirip durýar.

## Tunel pejiniň faýansy ýakmagyň birinji ýakma režimi



Surat 27. Gaz ýa-da mazut bilen ýalylyan hojalyk farforyny tunel peçde ýakmagyň kadasy  
Ýokarky bölegi-ortaky wagonetkanyň 0,7 m aralygy; aşagy bölegi- wagonetkalary ýüklenýän bölümi

### 5.5. Nepis keramika önümleri işläp çykarmakda ulanylýan çig mallary

Nepis keramika senagatynda, esasan, aşakdaky çig mallar ulanylýar.

Ýakylanda ak bişýän toýun we kaolin meýdan şpaty, kwars, kwarsly gum, pegmatit, nefelin, sienit, andaluzit, tehniki glinazýom, korund, magniý, sirkony, titan, berilliý oksidleri we başgalar degişli bolýar. Bu çig mallara olaryň düzüminiň bir meňzeşligine we hemişeliligine ýokary talaplar goýulýar. Has arassa bolmadyk çig mallar ulanmazdan ön arassalamaga goýberilýär:

1. Plastik materiallar;
2. Plastikligi azaldýan materiallar;
3. Çüýşe görnüşli fazany emele getirýän materiallar.

Plastikligi artdyrýan materiallara toýun, kaolin, pegmatit degişli bolup, olaryň esasy häsiýeti olaryň plastikligi hasaplanýar. Plastiklik diýlende, toýuny suw bilen garyşdyryp, hammyr görnüşli massany emele getirip, daşky güýç täsirinde

berilen şekile eýe bolup, berilen şekilini saklap galýan ukybna aýdylýar.

Toýunyň ýene bir häsiýetlerinden biri ýokary temperatura täsirinde daş görnüşli gatylyga eýe bolmagyna aýdylýar. Farfor we başga nepis keramika almakda, toýun we kaolin giňden ulanylýar, olar farforyň esasy bölegini tutýar. Toýun we kaoliniň esasyny emele getirýän kaolinit hasaplanýar we kaolinitiň formulasy  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Toýun farfor massasynyň düzümine 8-15% töwereginde, faýans massasynyň düzümine bolsa 30% töwereginde goşulýar. Farforyň düzümine toýun goşmak maksady bilen taýýarlanan massany galyplamaga ukyplylygyny artdyrmak, ýarym önüme mehaniki gatylyk bermek üçin goşulýar. Farfor massasyna plastiklik toýuna seredende köpräk berilýär. Taýýar önümiň mehaniki gatylygyny ýokarlandyrýar. Taýýar önümiň aklygyny köpeldýär. Toýuny we kaolini, ýarym önümi guradylanda we ýakylanda gysgarma koeffisientini artdyrylýar. Eger-de massa toýunyň ýerine köpräk kaolin goşulsa (aklygyny köpeltmek üçin), massanyň plastikligini gowulandyrmak üçin wakuumpresde massa gaýta işlenýär. Toýun hem, kaolin hem ulanylmazdan öň baýlaşdyrylýar. Toýuna ilki gaýta işlemek bilen olary garyjy basseýnde suw bilen garyşdyrylyp, ownuk dänejikleri bölünip aýrylýar.

Soňky wagtda toýuny ownuk däneleri aýyrmak FMM-9 alyp barylýar. Munuň üçin ilki bilen suwa elektrolit basseýnde garylýar. Toýuny ilki bilen (strugaçda) ýonuýda owradylýar we FMM-9 enjamynyň kömegi bilen bunkera goýberilýär. FMM-9 içinde aýlanyp duran rotory bolýar we rotoryň üstüne çekiçleri ýerleşdirlendir. Rotor aýlanyp durýar we toýun bölekleri çekiçleriň kömeginde aýlanýar. Bir wagtyň özünde FMM-9 özüne garyşdyryjy basseýnde taýýarlanan, suw bilen elektrolitiň garyşmasy sorujynyň (nasosyň) kömeginde goýberilýär. Bu ergin toýunyň çalt owradylmagyna kömek edýär. Ownuk bolan toýun däneleri



belli bir deşikden geçip, şliker görnüşinden başga garyjy basseýne düşýär. FMM-9 düşýän toýunyň ölçegleri 20 mm töwereginde bolýar. Toýunly suspenziýa FMM-9 kömeginde 10-15 minutyň dowamynda taýýar bolýar. Toýunyň düzümindäki başga gaty maddalary degirmeniň aşagyna ýygnaýyp, wagtal-wagtal aýrylyp taşlanýar. FMM-9 bir sagatda 10 tonna toýun taýýarlamagy mümkin.

Nepis keramika senagatynda ulanylýan kaolin 45% bolup, galany başga maddalardan ybarat bolýar. Şonuň üçin kaolinler dürli usullar bilen baýlaşdyrylýar. Baýlaşdyrma usullaryna aşakdakylar degişlidir:

1. Flotasiýa usuly;
2. Elektromagnitseperasiýa usuly;
3. Himiki baýlaşdyrmak usuly we başgalar.

Enjamyň kömeginde baýlaşdyrmak iki usulda alnyp barylýar:

1. Öl graditasiýa usuly;
2. Howa gidratasiýa (gury) usuly.

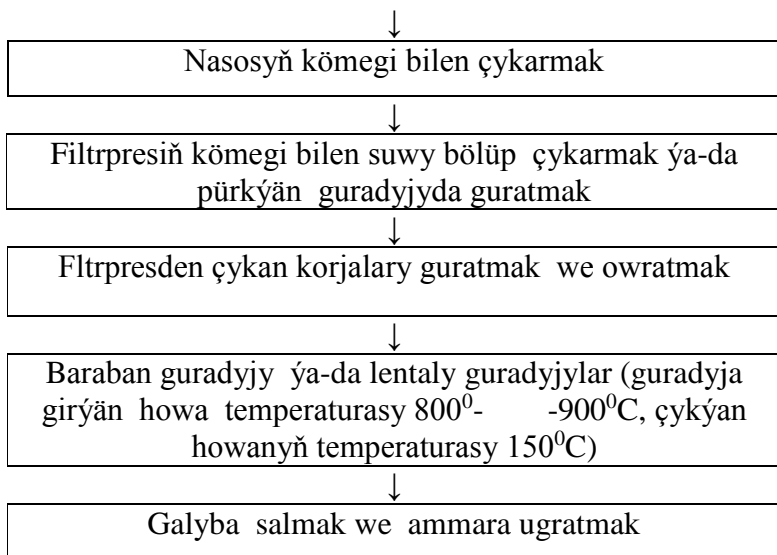
Munda kaoliniň düzümindäki  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  kwars, slýuda we başga maddalardan täzelenýär. Öl gidratasiýa usulynda owradylan kaolini elektrolitleriň kömeginde suw bilen ownuk dänejikleri bölüp aýrylýar we soňra bassenine salyp, gummy çökdürilýär. Çökmäniň ýokarsynda suspenziýalary ýörite gaba salynýar we oňa kagulyant goşulýar. Kagulyant hökmünde hek süýdi, poliakril amid goşulýar. Soňra bu suspenziýalar ramaly presde suwsyzlandyrlanda emele gelen korjalary guradylýar. Owradylandan soň ýörite gaplara salynýar we bu baýlaşdyrylan kaoliniň düzüminde 0,3-1,3 % töwereginde bolýar.

Gury gidratasiýa usulynda bolsa, kaolin owradylýar we 40-45 minut töwereginde guradylýar, galany çyglylygyň mukdary 0,7-0,8% bolýar. Guradylan kaoliniň sentrafugaly degirmene goýberilýär, ol ýerde owradylýar. Ol ýerden wentilýatoryň kömeginde sferator arkaly taýýar önümi ammara goýberilýär.

Kaolini elektrolitiň kömegi bilen baýlaşdyrlanda, kaoliniň hili birazrak erbetleşýär. Galyplamaga ukyplylygy erbetleşýär we şonuň üçin kagulýanty azrak mukdarda goşulýar. Elektrolit bilen baýlaşdyrlanda, kaolin ýakylan wagtynda kristal maddalar pesräk temperaturada emele gelýär.

### Kaolini elektrolitiň kömegi bilen baýlaşdyrmagyň tehnologiكي çyzgysy

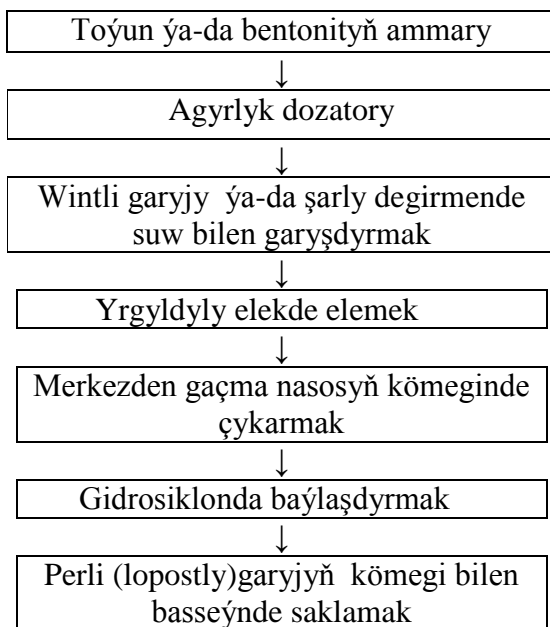




Kaolini gury usulda baýlaşdyrmagyň tehnologiýa çyzygysy



## Toýuny suw bilen garyşdyryp owratmagyň tehnologi çyzgysy



Himiki baýlaşdyrmak usulunda bolsa (III) walentli demir (II) walentli demire gaýtarylýar. Gowşak kislotalaryň kömeginde demir birikmeleri eredilýär. Soňra kaolini kislotadan arassalamak üçin suw bilen ýuwulýar. Bulardan başga mehaniki baýlaşdyrmak ultrasesiň kömegi bilen elektrik baýlaşdyrma usuly hem bar.

Mehaniki usuly howa bilen bölüp, ýagny seperatorda howa klasifikatorda bölmek, siklon we filtrlerde bölmek usullary bar. Bu usullaryň esasy maksady kaoliniň düzümindäki gaty maddalary bölüp çykarýar.

Elektrik usuly çig mal komponentleri elektrik we magniti kabul etmek ukybyna esaslanan. Munda esasan, demir birikmelerinden arassalanýar. Elektrofiolotik usuly, munda kaolinli suspenziýa elektrolit täsir etdirip, olardan soň elektrik togy täsir etdirilýär. Elektrik togy ( + ) zarýadlary

anoda, (-) zarýadlary bolsa katoda barýar. Ultrases usulynda bolsa, kaolinli suspenziýa ultrasese täsir etdirmek netijesinde, olaryň düzümindäki demir birikmelerden arassalanýar.

Kaoliniň düzümindäki  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  ýaly goşmaça maddalardan arassalamak üçin himiki baýlaşdyrma usuly ulanylýar. Soňky wagtda kaoliniň düzümindäki demir birikmeleri, ereýän smolalaryň kömegi bilen arassalamak usuly işläp çykarylýan we ondan başga-da gidrosulfatly gaýtarýan maddalaryň gatnaşmagynda, kaoliniň düzümindäki demir birikmekleri arassalamak usuly işläp çykarylýar. Munda asorbent hökmünde kationit KU-2 ulanylýar. Gidrosiklon bilen elektrolitsiz kaolini baýlaşdyrlanda birnäçe gezek kaolini suw bilen garylýar we bu suw filtrpresiniň kömegi bilen bölünip çykýar. Soňky wagtarda kaolinler gidrosiklonyň kömegi bilen elektrolitsiz hem ulanylýar. Munda birnäçe elektrolitler yzly-yzyna ulanylýar. Siklonyň ýokarsy silindr görnüşli, aşagy konus görnüşli böleklerden ybaratdyr.

Gidrosiklonyň içine silindr böleginiň ýaý tarapyndan 0,25-0,30 Mpa basyş astynda goýberilýar. Toprak görnüşli fraksiýalaryň aşaky bölegine ýygnalýar. Basyş astynda goýberilýän şliker gidrosiklonyň içinde aýlanyp hereket edýär. Merkezden gaçma güýjüň hasabyna kaolin dänejikleri klasifikasiýalanýar.

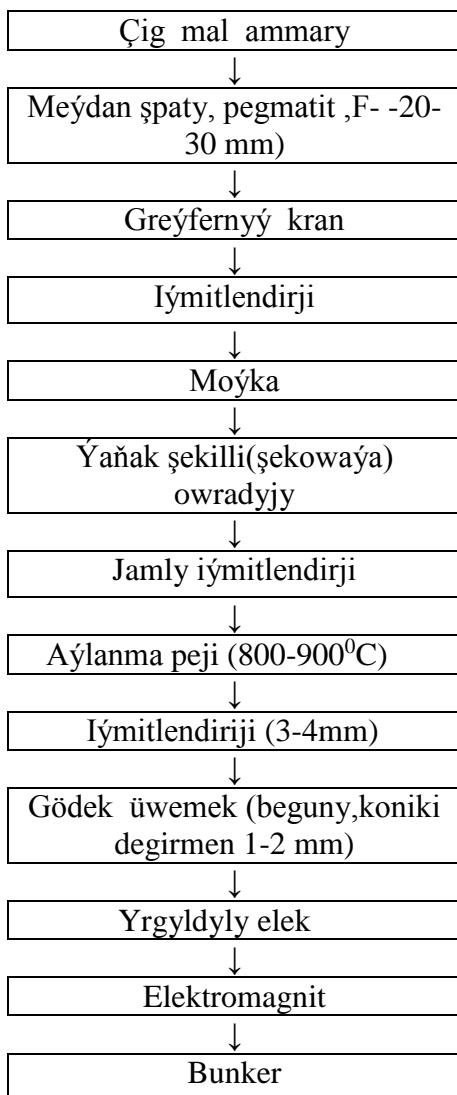
Dykyzlygyna we dänejikleriň öýjüğine seredip, iri dänejikleri aşak ýygnalýar we ownuk dänejikleri ýokary hereket edýär. Gidrosiklonyň kömegi bilen alnan kaoliniň ownuklyk derejesi №0,056 elekde galan galyndy boýunça anyklanýar. Galyndy 0,03-0,15% bolmalydyr. Gidrosiklonyň kömegi bilen kaolini baýlaşdyrlanda kaolini suw bilen suwuklandyrylýar.

Arassalama derejesi birinji hilli üçin 0,3-den az bolýar, üçünji hilli üçin hem 0,5--den az bolýar

Gury ýagdaýda baýlaşdyrlanda kaolinde iň gymmatly bolan ownuk fraksiýalary tozan görnüşde uçup gidýär,

kaoliniň ýagdaýy birazrak erbetleşýär. Platsikligi we birikme ukyby peselýär.

Kwars we pegmatiti elektromagnitiň kömegi bilen  
baýlaýdyrmagyň tehnologiği çyzgysy



## 5.6. Döwlet standartynyň çig mala bolan talaplary

### 1. Kaoline bolan talaplar:

	ýokary hilli	birinji hilli
$\text{Fe}_2\text{O}_3 < \% \text{ hasabynda}$	0,4	0,5
$\text{TiO}_2 < \%$	0,4	0,5
$\text{CaO} < \%$	0,8	0,8
Guradylandan soňki gysgarma, %		
$W \Rightarrow 1$	20	20

### 2. Toýuna talaplar:

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2 >$	35 %	34%
$\text{Fe}_2\text{O}_3 <$	1,3	1,6
Oda çydamlylyk	1710 <sup>0</sup> C	1690 <sup>0</sup> C

### 3. Owradylan meýdan şpatyna talaplar:

$\text{Fe}_2\text{O}_3 <$	0,15	
$\text{CaO} + \text{MgO} <$		0,15
$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O} >$		4
$\text{N}_2, \text{SiO}_2 <$	8	
$\text{PTK} = 0,5$	$W = < 1$	
0056 elekdäki galyndy <	2%	

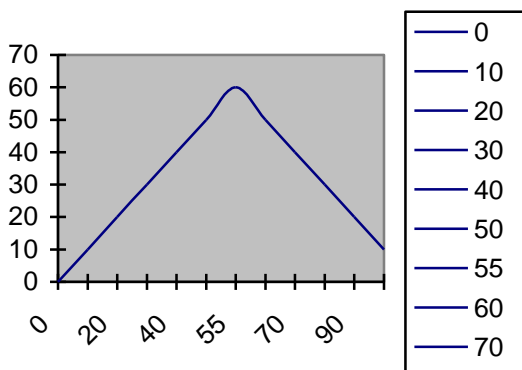
### 4. Kwarsly guma talaplar:

$\text{SiO}_2 >$	95%
$\text{Fe}_2\text{O}_3 <$	0,2%
$\text{CaO} <$	1%
$\text{PTK} <$	1%

## 5.7. Farfor massasynyň düzümindäki komponentleriň olaryň häsiýetlerine täsiri

Farforyň düzümine toýun, kaolin, kwars, meýdan şpaty degişlidir. Olaryň himiki düzümi, mineralogik düzümi we massanyň düzümine degişli mukdary farforyň häsiýetlerine uly täsir edýär. Farforyň häsiýetlerine bulardan başga komponentleri gaýtadan işlemek, olary garyşdyrmak, ownuklylyk derejesini we massany taýýarlamak usuly,

galyplamak usuly, guratmak we ýakmak şertleri hem beýlekilere uly täsir görkezýär. Tehnologiki prosesi azajyk üýtgeşe, farforyň häsiýetlerini düýpden üýtgetmegi mümkin. Galan hemme şertlerde birmeňzeş bolýanlygyny seredip çykalyň. Munda toýuny we kaoliniň düzümi biri-birine ýakynrak bolanlygy üçin, üç komponentli diagramma ulgamyny toýun görnüşli maddalaryň umumy ýygındysyny kaolin diýip seredeliň. Munda üç burçynyň gýralary komponentleriň 100%-lik mukdaryna dogry gelýär.



Surat 28. Hojalyk farforyny ýakmak üçin peçiň periodiki täsiriniň kadasy

### **Farforyň häsiýetlerine täsir edýän başga faktorlary:**

syrçanyň farforyň häsiýetine täsiri: farforyň häsiýetlerine olaryň düzümindäki çüýşe görnüşli fazanyň mukdary, kristal maddalaryň mukdary we glinazýom, kwars we başgalar täsir edýär. Farforyň düzüminde çüýşe fazanyň mukdary 45-50%-e barýança mehaniki gatylygy ulalýar. 50%-den ýokary farforyň mehaniki gatylygyny azaldýar. Çüýşe görnüşli fazanyň düzümindäki K, Na oksidleriň mukdary farforyň dielektrik häsiýetine täsir görkezýär. Farforyň düzümindäki gowaklyk olaryň häsiýetine täsirini görkezýär, ýagny gowaklyk näçe bolsa farforyň hemme häsiýetleri şonça hem erbetleşýär. Farforyň düzümindäki glinazýomyň mukdarynyň artmagy bilen farforyň mehaniki gatylygy, ýylylyga çydamlylygy, oda çydamlylygy, himiki berkligi göwrüm agyrllygy artýar. Yakma



temperaturasy hem artýar. Farforyň düzümindäki (kwarsyň mukdary 30-35%) artmagy bilen onuň mehaniki gatylygy artýar.

Syrça farforyň ýüzündäki ownuk gowaklary ýapýar, olaryň ýüzüniň ýylmanak, tekiz we ýalpyldawuk edýär. Olardan başga farforyň mehaniki gatylygyny artdyrýar. Syrçany ýakylan wagtynda eräp, farforyň ýüzünde ýuka farfor görnüşli gatlak emele getirýär. Syrça bilen farforyň arasynda özara reaksiýa girişip, farfory we syrçanyň arasynda aralyk gatlak emele getirýär. Bu gatlagyň düzüminde, ýagny kristal maddalar emele gelýär. Bu kristal maddalar farforyň berkligini artdyrýar. Syrçanyň galyňlygy 0,1-0,3 mm töwereginde bolýar.

## **6. Keramiki massany taýýarlamak**

### **6.1. Keramiki materiallary galyplamagyň usullary**

Keramika we faýans işläp çykarmak senagatynda üç görnüşli massa ulanylýar:

1. Plastik massa taýýarlamak;
2. Şliker haldaky massa taýýarlamak;
3. Poroşok haldaky massa taýýarlamak.

Plastik haldaky massadan farfor önümleri, çeperçilik bezeg önümleri, elektroizalýasion önümleri galyplanýar. Şliker haldaky massadan gurluşy boýunça çylşyrymly bolan massa taýýarlanylýar. Şliker haldaky massadan preslemek usuly bilen taýýarlanylýar.

Poroşok haldaky massadan plitalar, elektroizalýasion farfor önümlerini, radiokeramika önümlerini we beýlekiler taýýarlanylýar.

Poroşok haldaky massadan preslemek usuly bilen önümiň ölçeglerini we şekilini anyk ýerleşmegine laýyk bolýar. Ulanylýan hemme massalary aşakdaky talaplara jogap berýär:

1. Massanyň düzümine girýän her bir komponentiň öýjükleri massanyň hemme ýerinde bir meerde dargadylan bolmalydyr;
2. Massanyň düzümine girýän suw ýa-da suwuklyk, gaty maddalar öýjükleriň arasynda bir meerde ýerleşen bolmalydyr;
3. Massanyň düzüminde howanyň mukdary az bolmalydyr.

Bu üçünji talap şliker we plastik haldaky massa degişlidir, şeýle-de farfor poroşok haldaky massany howany poroşok galyba düşmezden ön çykaryp goýbermek mümkin däldir.

Keramiki massa taýýarlamak üçin massanyň düzümine girýän komponentler taýýarlanylýar owradylýar we arassalanýar.

Gaty maddalary owratmak üçin dişli owradyjynyň kömeginde owradylýar. Olardan başga owratmak üçin soňky etaplarda beguny walikli owradyjy we beýlekiler ulanylýar. Munda owratmak açyk we ýapyk siklde alnyp barylýar.

Açyk siklde owratmak diýlende, owradylan materialymyz tehnologiiki prosesiniň soňki basgyjyna geçýär.

Ýapyk sikli bilen owradylanda bolsa, owradylan komponentleri elekden geçirilýär. Elekde galan iri fraksiýalary täzeden owratmaga goýberilýär. Ownuk fraksiýa bolsa tehnologiiki prosesiniň indiki tapgyryna goýberilýär.

### **1. Plastik haldaky massany taýýarlamak:**

Çig malyň düzümine, häsiýetine, galyplama usulyna seredip plastik haldaky massanyň çyglylygy W-18-24%-ni emele getirýär. Plastik massa taýýarlamagyň iki usuly bar:

1. Zawoda getirilen kwars we meýdan şpaty uly bölekli bolup, olara ilki saýlamaklyk talap edilýär. Bular ýaly wagtda kwars we meýdan şpaty owradylanda ýuwulýar we soňra dişli owradyjyda owradylýar. Soňra owradylan kwars ýa-da meýdan şpaty aýlanma peçlere goýberilýär. 800-900<sup>0</sup>C-de ýakylýar we sowadyjynyň kömeginde sowadylýar. Kwars we meýdan şpaty bölekleri çalt düşýär, olaryň berkligi azalýar we netijede owratma derejesi ýeňilleşdirilýär. Munda

bölekleriň içindäki demir birikmeleri,  $\text{TiO}_2$  oksidi we beýlekileri ýüze çykýar, olary aýryp taşlanýar.

Kwars we meýdan şpaty begunynyň kömeginde owradylýar, soňra şarly degirmende öňkiden hem ownuk bölege owradylýar. Şarly degirmende owratmak suw bilen alnyp barylýar. Material we suwuň özara gatnaşygy 1:1:1,3 bolýar. Toýun we kaolin käni getirlenden soň, arassalanyp suw bilen garylýar we bu komponentleri owradylan kwars, meýdan şpaty bilen basseýnde garylýar.

Emele gelen massanyň ownuklyk derejesi 1000 deş/cm elekden geçirilýär we elekdäki galyndy 0,1-1,5 %-den geçmeli dälidir. Bu usuly aýratyn-aýratyn owradyp, massa taýýarlamak usuly diýilýär. Taýýar bolan suspenziýany elekden geçirýärler, 3600-4900 deş/cm<sup>2</sup> elekden geçirilýär. Demir birikmelerinden arassalamak üçin massany elektromagnitden geçirilýär. Massa basseýne düşýär we ol ýerden membranaly nasosyň kömeginde filtprese turba geçiriji arkaly geçirilýär. Filtpresde şlikeriň suwyny 8-10 atmosfera basyşy astynda ýa-da 0,8- -1,5Mpa basyşy astynda suwy sykyp çykarýar. Filtpresden korja ýagdaýda çykyp, olaryň çyglygy 24-26% töwereginde bolýar. Korjanyň merkezinde çyglylyk köpräk, çetki böleginde bolsa çyglylyk azrak bolýar. Çyglylygy bir meere getirmek üçin wakuummýalkada massa gaýtadan işlenýär;

2. Kwars we meýdan şpaty toýun görnüşli materiallary bilen goşup owratmak we massa taýýarlamak usuly bu aşakdaky ýaly alnyp barylýar;

Şarly degirmene begunyda owradylan kwars we meýdan şpaty salynýar. Owratmak üçin suw we owratýan şarlar hem salynýar, 5-6 sagadyň dowamynda bu komponentleri owradylýar. Soňra şarly degirmene toýun we kaolin salynyp, 2-3 sagatdyň dowamynda bilelikde owradylýar. Emele gelen şliker basseýne düşýär. Elekden geçirilip elektromagnitiň kömegi bilen arassalanýar we ýokarda aýdyşymyz ýaly, filtpresde suwsyzlandyrylýar. Daş

görnüşli we toýun görnüşli materiallary goşup owradylanda, toýun görnüşli maddalary ýumşak bolanlygy üçin çalt owradylýar. Kwars we meýdan şpaty bolsa gaty bolanlygy üçin haýal owradylýar. Netijede massanyň düzümindäki däneleriň ownuklyk derejesi dürli bolýar. Bu bolsa ýakylanda önümiň gurluşy birtekiz kristal bolmaýar. Kristallaryň däneleri uly-kiçi bolup galýar. Munuň netijesinde, önümiň häsiýetleri birazrak pesrāk bolýar. Aýratyn owradyp massa taýýarlananda bolsa, onda hadysa ýüze çykmaýar.

## **2. Şliker haldaky massa:**

Şliker haldaky massa özünüň belli bir häsiýetine eýe bomagy mümkin.

1. Şliker belli derejedäki akyma eýe bolýar, çünki turbalar arkaly geçende şliker galybyň içindäki boşlugy doldurmaly bolýar;
2. Şliker belli derejedäki durgunlyga eýe bolmaly, ýagny şlikeriň düzüminde gaty maddalary çökmeli dälendir;
3. Şlikeriň düzüminde mümkin boldugyça az mukdarda bolmalydyr.

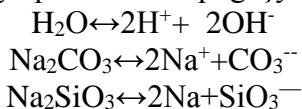
Şlikere bu häsiýetlerini bermek üçin elektrolitler goşulýar. Elektrolit hökmünde soda, suwuk çüýşe, şaweliwiň turşusy, ammoniý ergini we başgalar ulanylýar.

Şlikeriň esasy hadysalaryndan biri guýulma sany hasaplanýar. Guýulma sanyny tapmak üçin 100 ml şlikeri wizkozimetrden näçe wagtda akyp geçmegi iki gezek anyklanýar:

1. Şlikeri wizkozimetre guýlandan bir minutdan soň anyklanýar;
2. Şlikeri wizkozimetre guýlandan 30 minudan soň anyklanýar.

Munuň tapawudy guýulma sanyny berýär we wizkozimetre guýulýan ýerindäki galybyň diametri 10 mm, ortadaky diametri 8 mm, guýup çykmagy 6 mm bolýar. Munda guýma sany massa üçin 1,8-2,2; faýans massasy

üçin 1,5-2,6 deň bolmalydyr. Şlikeriň düzümine elektrolit goşulanda dissosiasiýa prosesi bolup geçýär:



## 6.2. Keramiki massany galyplamak

Önümçilikde farfor we faýans önümlerini işläp çykarmakda üç görnüşli massa ulanylýar:

1. Plastik massadan galyplamak;
2. Gips galyba şlikerden guýmak usuly;
3. Poroşok ýagdaýdaky massadan preslemek usuly.

### 1. Plastik usulynda galyplamak:

Plastik usulynda galyplamak, önüme belli şekili, ölçegi, dykzlygy mehaniki berkligi berilýär. Bu usullaryň artykmaçlygy şundan ybarat bolýar. Öwürüp bolýan şekile eýe bolan ýarym önümi, oňa kyn bolmadyk abzalyň kömegi bilen köp mukdarda işläp çykarmak mümkin. Bu usulyň kemçiligi şundan ybarat bolýar. Galyplanýan wagtda massa iki taraplama gysylmagyndan ybaratdyr. Birinjisi galybyň ýüzi, ikinjisi şekili berýän şablonyň gysylma täsiri bilen bolýar.

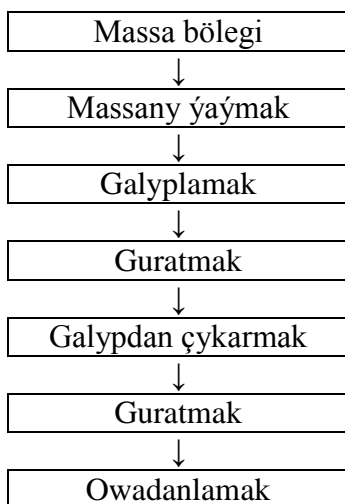
Munuň netijesinde, massa güýç täsir etmeýänligine seredip, hereket edýär we netijede massanyň gurluşy birmeňzeş bolmaýar. Massanyň dykzlygy we bütin göwrüm boýunça güýçlenmäniň täsiri her hili bolýar. Iň köp güýçlenme şekili berýän şablona täsir edýän ýüzünde bolýar, iň az güýçlenme boşlukda bolýar. Galyplanan massanyň çyglylygy W-16-22% töwereginde bolýar. Plastik massany ulanylanda massamyz belli derejedäki galyplamaga ukyplylygyna eýe bolmalydyr. Düzümindäki howanyň mukdary az bolmalydyr. Munuň üçin massany wakuumlap, howasy gysyp çykarylýar. Wakuumlanan massanyň düzümindäki howanyň mukdary 1-3%-den geçmeli däl. Munuň üçin ýörite wakuumpresler ulanylýar. Wakuumlanan massa ulanylanda taýýarlanan

önümiň dykzlygy ýokary bolýar. Mehaniki gatylygy, himiki berkligi, dielektrik görkezijisi artýar. Ýarym önümiň mehaniki gatylygy artýar. Massany wakuumlamak üç tapgyrdan ybaratdyr:

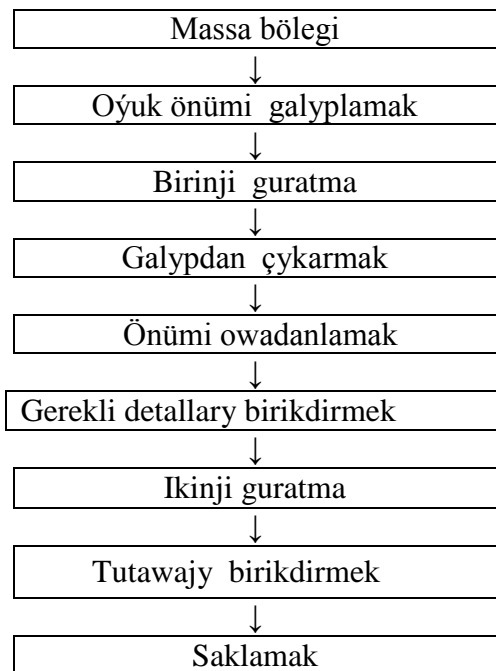
1. Massany ownuk böleklere bölmek;
2. Ownuk bölekleriň düzümindäki howany wakuum kameradan gysyp çykarmak;
3. Ownuk bölekleri birleşdirip ýahna massa emele gelmegi.

Wakuum kamerada keramiki massany wakuum 700-740 mm sim.süt. aralygynda saklaýar. Wakuumyň hasabyna daşary çykarylýar we ikinji şnek presiň kömeginde birleşip, ýahna massa emele gelýär. Massanyň düzüminde galan howanyň mukdary 1-3%-den geçmeli däldir. Biz massany wakuumpresde gaýtadan işlemek bilen bu prosesi nädogry alyp barsak, massanyň düzüminden howa çykyp gidýär. Şonuň üçin wakuumpresde howany gysyp çykarma şertini döredýäris.

Plastik usulynda tekiz önümi galyplamagyň tehnologi  
çyzgysy



## İçi oýukly önümi galyplamagyň tehnologiýa çyzgysy



### Plastik usulda galyplamagyň deffektleri:

1. Jaýryklar massanyň çyglylygy dürli bolanda. massanyň düzüminde daş görnüşli komponentleri köp bolanda. ýagny plastikliki az bolanda, daş görnüşli materiallar owradylanda, massa erbet wakuumlananda, bir tekiz çyglanmadyk wagtynda emele gelýär;
2. Ýygyrtlar massa plastina köp suw berilse, şpindel az aýlansa hem ýygyrtlar emele gelýär;
3. Ýarym önümiň galyňlygy dürli bolmagy mümkin, galyplama gowy bolmadyk ýagdaýda emele gelýär;
4. Ýyldyzjyk massanyň çyglylygy az bolsa, awtomat erbet işlese emele gelýär;
5. Konsentrik aýlananda şablon ýa-da rolik erbet işleýär. Eger-de şablony gerek wagtdan öň götersek hem brak emele gelýär;

6. Ýarym önüm deformasiýalanýar. Bu brak massanyň çyglylygy köp ýa-da az bolsa, massanyň düzüminde toýun köp bolsa, nätekiz guradylan bolsa ýa-da massa erbet guradylan bolsa emele gelýär.

### 6.3. Gips galypda şlikeri guýmak usuly

**Guýma** usuly plastik ýa-da preslemek usuly bilen galyplap bolmaýan kyn şekile eýe bolan önümi taýýarlamak üçin ulanylýar.

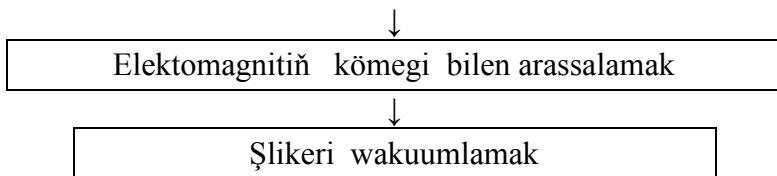
Bu usuldan peýdalanyň massanyň düzümindäki toýuny azaldyp, olaryň hasabyna kaoliniň mukdaryny köpeldip, önümiň aklygyny artdyrmak mümkin bolýar. Guýma usuly ulanylanda suwsyzlandyrmak gysgarýar. Şlikeri uzak ýerlere turbalar arkaly goýberilýär.

Bu usuldan peýdalanyň önümiň ýalpyldawuklygy. aklygy artýar. Bu usulyň kemçiligi bolup, agyr zähmet şerti hasaplanýar. Guýma usuly suwly suspenziýany gips galyplarda guýup taýýarlamak, gipsyň öz düzümindäki suwy gyzdýrlanda, erkin berýär we erkin suwy täzeden ýuwulmagyna esaslanýar. Guýma usuly 1780-nji ýylda Belgiýada ulanylan.

Gury owradylan horak materiallardan keramiki massany guýmagyň taýýarlamagyň tehnologiýa çyzgysy







### **Guýma usuly üç ýol bilen alnyp barylýar:**

1. Doldurmak (naliwnoý);
2. Dökme (sliwnoý);
3. Kambinirlenme usuly.

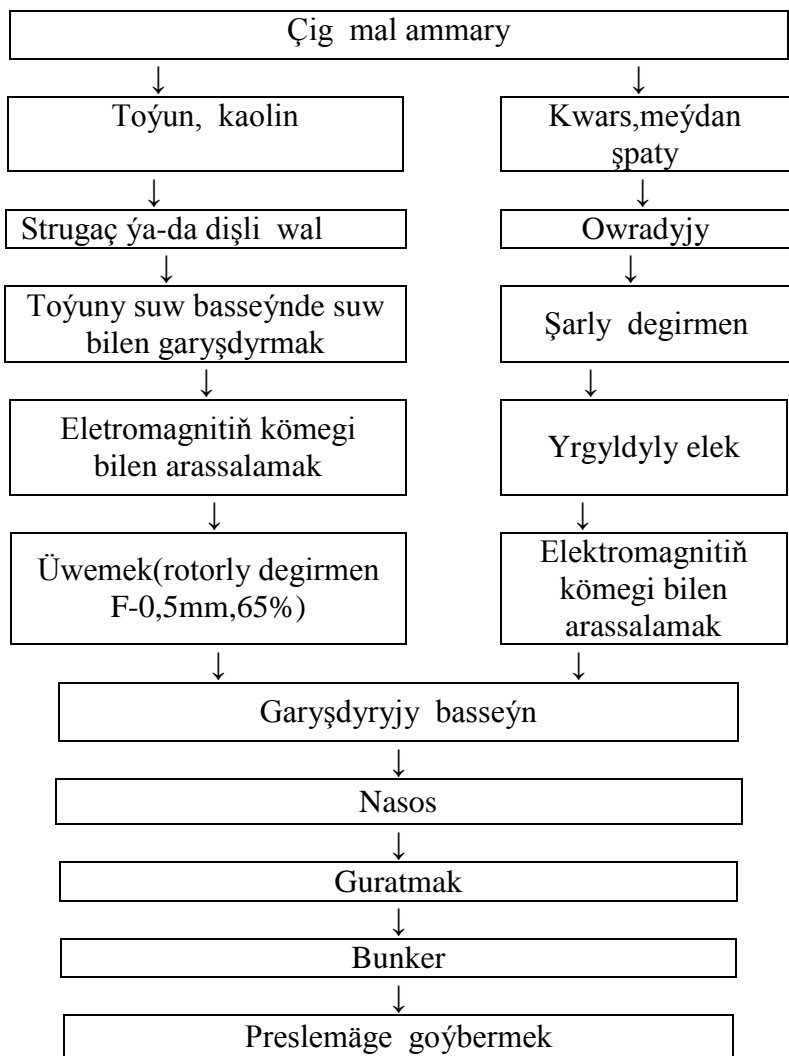
Kambinirlenme usulynda eger önüm iki bölekden ybarat bolsa, aşaky bölümünde doldurma usuly üstki bölegi dökme usuly bilen alnyp barylýar. Doldurma usulynda şlikeriň usulynyň çyglylygy W-31-34%, dökme usulynda bolsa 34-42%.

Gips galybynyň içine saklaman guýmaly, guýlanda şliker galybyň aşagyna perpendikulýar halda guýmaly we guýlanda şliker galybyň diwaryna degmeli däl, eger diwaryna degse brak emele gelýär. Bu braklaryň adyna dag diýilýär. Şliker guýlanda köprüjik bolmaly däl, eger-de köprüjik emele gelse brak emele gelýär. Şlikeriň çyglylygy köp bolsa, massanyň düzümi bozalsa deformasiýa emele gelýär. Şlikeriň akymy birmeňzeş bolmasa, gatlak görnüşli brak emele gelýär.

### **6.4. Poroşok ýagdaýdaky massany preslemek usuly**

Plastik we poroşok ýagdaýdaky massadan köpräk peýdalanylýar. Poroşok ýagdaýdaky massa çyglylygy 16-12% töwereginde bolýar. Bular ýaly massa ýarym gury ýagdaýda ýa-da gidrostatiki preslemek usuly bilen galyplamak üçin ulanylýar.

Poroşok usuldaky massany taýýarlamagyň  
tehnologiki çyzgysy



Preslemek ýarym gury ýagdaýda gidrawliki presde preslenýär.

## **7. Nepis keramika önümlerini syrçalamak**

### **7.1. Syrça taýýarlamak usullary**

Syrça diýlip, keramiki materialyň ýüzündäki ýuka (0,1-0,3mm), aýna görnüşli örtgä aýdylýar. Syrçanyň şu görnüşlerini tapawutlandyrýarlar: reňki boýunça, reňksiz we reňklenen, şeýle hem bir reňkli we köp reňkli, durulygy boýunça, dury we dury däl. Ýalpyldysy boýunça, taýýarlanylş usuly boýunça, çyg we frittalan. Çyg syrçada syrçaly, şlikerli komponentleri owardyp we garyp taýýarlaýarlar. Fritta diýlip, syrçanyň düzümine girýän başdaky komponentleriň erginine aýdylýar. Şeýlelik-de, frittalan syrçalar başdaky komponentleriň eredilmegi bilen we frittanyň soňraky owardylmagy (garyndyly ýa-da garyndysyz) bilen taýýarlanylýar.

Ereme gyrgyzlygy boýunça syrçalar ýeňil ereýän bişirme gyrgyzlygy 900-1000°C, kyn ereýän bişirme gyrgyzlygy 1350°C, keramiki materiallaryň görnüşine baglylykda, olaryň ýüzüni örtmek üçin niýetlenişi boýunça farfor, faýans we maýolik.

Komponentleriň düzümi boýunça syrçalaryň şu görnüşleri bar: meýdan şpaty, gurşunly, borly, sirkonly, litili, fosfatly we başgalar.

Syrçalary taýýarlamak üçin tebigy materiallar we reaktiwler (düzümine 30-dan gowrak görnüşli Al, Ba, Fe, K, Ca, Co, Li, Mg, Mn, Cu, Na, Ni, Sn, Pb, Sb, Cr, Zn, Zr okisleri, Si, Ti ikiokisleri; bor andigridi we başgalary) ulanylýar.

Syrça üçin ulanylýan tebigy materiallar toýun, kaolin, kwars çägesi, meýdan şpaty, pegmatit, mel, dolomit, talk, marganes magdany, nefelin siýenit, sirkony, perlit we başgalar arassa tehniki materiallardan, himiki reaktiwlerden kükürt turşy we kömür turşy bariý, bura, bor kislotasy, demir okisi, kobalt, marganes, mis we başgalar.

Hojalyk, sanitar we tehniki nepis keramikanyň uly bölegi syrça bilen ýapylýar, olar ýakylanda önümiň üst ýüzünde aýna görnüşli ýuka gatlak emele gelýär, tehniki we dekaratiw önümiň hili ýokarlanýar. Nepis keramika önümçiliginde syrçalanan we syrçalanmadyk, reňkli. şeýle-de kristal syrçalar ulanylýar. Suwly suspenziýa görnüşindäki syrça ýakylmazdan ön ýa-da gowy guradylandan soň çalynýar. Önüm syrça çyglylygyny siňdirýär, şoňa görä-de berlen galyňlygy syrça gatlagy bilen birikdirilýär. Önünden ýakylandan soň, nepis keramika ýokary öýjük emele getirýär, şonuň üçin 1-3 sekundyň dowamynda syrça gatlak emele gelýär we suwy siňdirýär. Syrçalamak üçin öýjükli farfor we faýansyň suw çekijiligi 12% we ondan hem ýokarylygy bilen häsiýetlendirilýär. Öýjükliligi az önümler goýy syrça bilen örtülüp, kleý madda goşulýar we önümi önünden gyzdyrylýar. Önüm tozan bilen örtülen bolsa ýa-da ýagly tegmilt bolsa, syrça ýelmeşmeýär. Şonuň üçin tozany el bilen ýa-da mehaniki şyotka, ýa-da 2-3 atmosfera basyş astynda howany gysyp, üfläp arassalaýarlar

Eger syrçanyň düzümine girýän komponentler suwda eremeýän bolsa, syrça ýokarda görkezilen usuly boýunça bişirmezden ön, çyg ýagdaýda taýýarlanýar. Eger-de syrçanyň düzümine girýän komponentleriň aýrylary suwda ereýän bolsa, bu komponentleri ön suwda eremeýän ýagdaýa geçirmek üçin bişirmek usuly bilen taýýarlanýar. Syrça taýýarlamak üçin ulanylýan çig mal täze bolmaly we gowy owradylan bolmalydyr.

Fritta taýýarlamak üçin öňi bilen hemme komponentleri arassalanyp we gowy owradylýar. Owratmak üçin öňi bilen begunyň kömegi bilen owradylýar we begunyda çig maly 2-3 mm ulylykda owradylýar. Soňra çig mal şarly degirmende ýa-da bolmasa yrgyldyly degirmende owradylýar. Onda ownuklyk derejesi 10000 deş/cm bolan elekde galan galyndynyň mukdary 0,2% geçmeýänligi bilen häsiýetlendirilýär. Owradylan komponentleri gerekli

mukdarda ölçäp alnyp, wanna peçlerine salynýar. Bu peçlerde çüýşe emele gelyänçä bişirilýär. Bişme temperaturasy 1200-1300°C töwereginde bolýar. Eger fritta gowy bişirilmedik bolsa, suw bilen garyşdyrlanda gidrolizlenýär we netijede syrça salynan baklaryň aşagyna çökme düşýär. Bu bolsa önümiň syrçаланан yüzüni ýakylan wagtynda deffektler emele gelmegine sebäp bolýar. Wanna peçlerinde massa çüýşe görnüşiniň emele gelmegi, bu massany çalt suwly gaba düşürýäris we çüýşe görnüşli madda tiz sowaýar. Ownuk-ownuk böleklere dargap gidýär we emele gelen önümi şarly degirmende, suw bilen bilelikde owradylýar. Munda 10000 deş/cm<sup>2</sup> elekden geçirilende galan galyndy 0,1 % geçmeli däl. Emele gelen önümiň öýjükleriniň çökmezligi üçin, şarly degirmende owradylan wagtynda 10%-e çenli kaolin goşulýar. Emele gelen syrçany basseýne salyp saklanýar we syrçаланан bölüme goýberilýar. Munda hemişe syrçanyň dykzylygyny barlap durulýar.

## **7.2. Syrçalamagyň usullary**

### **Syrçalak aşakdaky usullardan ybaratdyr:**

1. Önümi syrça çümdürip almak;
2. Syrçany hereket edýän önümiň ýokarsyndan üznuksiz guýup durmak;
3. Pulwerizasiýalaýyş usuly.

Ýarym önümi syrçalamak üçin ilki 2-3 atmosfera basyşly howanyň kömegi bilen tozandan arassalanýar, soňra syrçalamaga goýberilýär. Tozany arassalamak elde şýotkanyň kömegi bilen ýa-da mehaniki usulynda alnyp barylýar, syrçаланан wagtynda syrçanyň dykzylygy 1,4-1,8kg/cm<sup>3</sup> bolýar.

Önümi syrça çümdürip almak usulyndan peýdalananda, syrçanyň dykzylygy hemişe birmeňzeş bolmaly.

Bir görnüşli önümiň içinde bolýan wagty birmeňzeş bolmalydyr.

Pulwerizasiýa usulynda syrçalananda, syrça önümiň ýüzüne ownuk damja görnüşinde sepilýär we syrça damjalarynyň düzümindäki çyglylygy ýarym önüme berýär, olaryň ýüzünde berk ýerleşýär. Köplenç ýagdaýlarda, syrçalamak ýarym önümi ýakylandan soň alnyp barylýar, bu bolsa köp mukdarda ýangyjy, elektrik energiýany we zähmet harajatlaryny talap edýär. Kā ýagdaýlarda ýarym önümi ýakmakdan öň syrçalamak mümkin. Ýarym önümi ýakmazdan öň syrçalananda, syrça düzümindäki suwuň hasabyna öllenýär, kā ýerleri suwda ýitip üwelenip gitmegi mümkin. Şonuň üçin önümi syrçalananda wagtynda ýitip gitmezligi üçin birinji gezek ýakylýar, ondan soň syrçalanýar. Soňky wagtda ýangyjy, elektrik energiýany we beýlekileri taýýarlamak üçin käbir farfor önümlerini ýakmazdan öň syrçalanýar. Munda ýarym önümi üwelip gitmezligi üçin massanyň düzümine bentonit goşulýar. Olardan başga syrçany pulwerizatoryň kömegi bilen ýarym önümiň ýüzüne sepilýär.

### **7.3. Farfora gül goýmak usuly**

Farfordan we faýansdan taýýarlanan hojalyk önümlerine elastik görnüşi bermek üçin dürli boýaglaryň ýardamynda güller goýulýar. Gül goýlanda ulanylýan boýaglar syrçanyň üstünden ýa-da aşagyndan sürtmek mümkin. Ýakmak üçin pes temperatura talap edýän boýaglar syrçalanandan soň sürtülýär.

Ýakmak üçin ýokary temperatura talap edýän boýaglar bolsa, syrçadan öň sürtülýär. Faýans önümini ikinji gezek hem ýakmaklyk temperaturasy pes bolýanlygy üçin syrçadan öň sürtülýän boýaglary köpräk işledilýär. Farfor önümini ikinji gezek ýakma temperaturasy ýokary bolanlygy üçin, olarda syrçadan soň ikinji gezek ýakylýp, soňra sürtülýän boýaglary ulanylýar. Bu boýaglary 800-850<sup>0</sup> C-de ýakylýar.

Farfor önümlerini bezemek aşakdaky usullarda alnyp barylýar:

1. Dekol, munda ýuka kagyza düşürilen gül azajyk suw bilen önümiň ýüzüne ýelmenýär;
2. Traferat ýardamynda peçatlamak, bu syrçadan öň hem soň hem ulanmak bolýar;
3. Peçat, munda birmeňzeş ýakylýar;
4. Elde gül goýmak, bu hem el kömegi bilen ýerine ýetirilýär;
5. Şýotkanyň kömeginde gül goýmak, bu şýotkanyň kömegi bilen aýlanma hereketi bilen ýerine ýetirilýär;
6. Pulwerizasiýa usuly, bu usulda önümiň ýüzüne köpürjik görnüşinde sepilýär.

Gül goýulan önümi oksidlenýän gaz sredada 800-850<sup>0</sup>C töwereginde ýakylýar. Syrçanyň içindäki boýaglar bolsa 1200-1280<sup>0</sup>C ýakylýar.

## **8. Farfor önümlerini guratmak we ýakma prosesi**

### **8.1. Farfor önümlerini guratmak**

**Plastik** massadan galyplanan ýa-da şlikerden gips galyplarda, guýlan ýarym önümiň çyglylygy ýokary bolanlygy üçin (22-24%) olary guratmak gerek bolýar. Plastik usulynda galyplanan ýarym önümi gips galyp bilen bile guradyjy enjama goýberilýär. Guradylma döwründe önümiň düzümindäki suwuň bir bölegi çykyp gidýär. Ýarym önüm gips galypdan aýrylýar we mehaniki berkligi bir azrak köpeliýär. Ýarym önümi guradylan wagtynda ýyly howa täsirinde önümiň ýüzünden çyglyk uçup çykýar. Guratmaga berlen çig önümi yssy howa bilen çaknyşanda, ilki ýarym önümiň ýüzi gyzyýar we olardan çyglyk uçup çykyp başlaýar. Soňra bolsa önümiň içki gatlalary hem gyzmagy netijesinde, ol ýerden hem suw damjalary arkaly önümiň ýüze tarapyna hereket edýär. Önümi ýüzünden, birinji içinden uçup çykýan suwuň mukdary olaryň içki gatlalaryndan,

damjalar önüme hereket edýän suwuň mukdaryna ýakyn bolsa, guratma prosesi normal ýagdaýda geçýär. Eger-de ýüzünden uçup çykýan suwuň mukdary köp bolsa, önümimiz ýarylyp başlaýar. Guratma prosesi wagtynda birligi içinde uçup çykýan suwuň mukdary bilen häsiýetlendirilýär.

$$W = Z c F (P_d - P_p) \frac{760}{u} \quad (1)$$

bu ýerde,

W - önümiň ýüzünden uçup çykýan suwuň mukdary, g;

F - uçup çykýan suwuň üst ýüzi, m<sup>2</sup>;

Z - wagt, sagat;

P<sub>d</sub> - önüm ýüzündäki doýgun suw buglarynyň berlen temperaturadaky basyş, mm.sim.süt.;

P<sub>b</sub> - suw buglarynyň atmosferadaky parsial basyşy, mm.sim.süt.;

c- suw bugundan hereketlenýän ýyly howanyň tizligine baglygyny görkezýän koeffisienti.

Takmynan eger-de ýyly howanyň tizligi:

$$V < 2 \text{ m/sek} \quad c = 33 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$V = 2 \text{ m/sek} \quad c = 42 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$V > 2 \text{ m/sek} \quad c = 52 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}$$

Önümi gips galyplarda galyplanandan soň, konweýerly guradyjylarda guradylýar. Gips galyplary bilen bilelikde guradyja goýberilýär. Munda guratma temperatursy 65<sup>0</sup>C-de bolýar, soňra guradyjydan çykýan ýarym önümi gips galyplardan boşadylýar. Öl ýagdaýda şlifenýär, soňra ikinji gezek guratmaga goýberilýär. Ikinji gezek guratma 90-120<sup>0</sup>C temperaturada alnyp barylýar. Bu hem konweýerly guradyjylarda alnyp barylýar. Önümi birinji guradylandan soňky çyglylygy 16-17% bolýar. Ikinji guratmadan soň çyglylygy 2%-den geçmeli däl. Guratma 1-3 sagat dowam edýär. Ýarym önümi ikinji gezek guratmagyň sebäbi, guradyja berlen gips galyp 70<sup>0</sup>C temperaturada degidratasiýalanýar we



suwy hemişelik çykaryp goýberýär. Netijede, galyp ýarylyp gidýär. Gips galyp ýarylmazlygy üçin birinji guradyлма tapgyrлаýyn 65<sup>0</sup>C-da alyp barlanda, ýarym önüm galypdan çykarylýar we şliflenenden soň ikinji etaba goýberilýär.

Ikinji basgyçda temperaturany tizlik bilen götermek ukyby döreýär we guratmak üçin üznüksiz işleýän konweýer guradyjlary, radiasion guradyjlary ulanylýar. Uly göwrümdäki önümleri guradylan wagtynda önümiň ýüzi çalt gyzýar, içki bölegi haýal-haýaldan gyzyp başlaýar. Içki we daşky diffuziýalaryň tapawudy uly bolanlygy üçin önümimiz tiz ýarylyp gitmegi mümkin. Önüni almak üçin uly göwrümdäki önümleri ilki bilen çig howa bilen gyzdrylýar. Önümiň ýüzündäki uçup çykýan suwuň mukdary, ýagny daşky diffuziýa azalýar, önümiň içki gatlagy gyzyp ýetişýär. Mundan soň guratmagy tizleşdirmek mümkin bolýar. Uly göwrümdäki önümleriň guratma prosesi üç döwre bölünýär:

1.Önümi yssy we çig howanyň kömegi bilen guradylýar. Bu döwürde önümimiz gyzýar.Ýöne ýüzünden uçup çykýan çyglylygyň mukdary az bolýar;

2.Temperatura we daşky gurşawyň çyglylygyny peseltmek bilen önüm guradylandaky daşky we içki diffuziýanyň mukdaryny biri-birine ýakynlaşdyryp guratmak;

3.Tizlik bilen ýokary temperaturada gury howa kömegi bilen guratmak.

## **8.2. Ýakma prosesi**

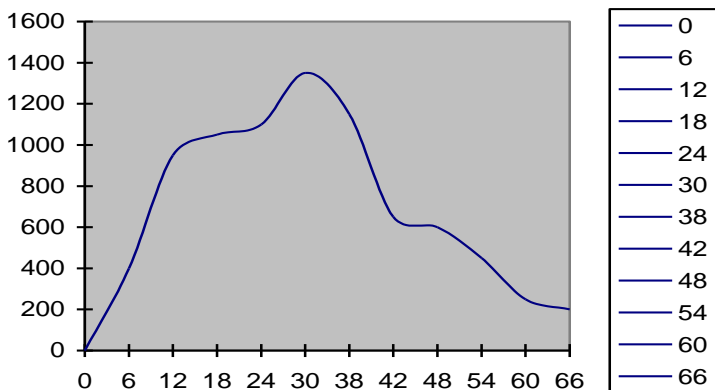
**Ýakma** prosesi tehnologiki prosesiniň esasy jogapkär ojaklarynyň biri bolup durýar. Çünki ýakma wagtynda farforyň esasy eksplatasion häsiýetleri emele gelyär. Farfor faýans önümlerini iki gezek ýakylýar. Guradylan önüm şliker ýagdaýdaky syrça bilen syrçalananda, onuň düzümindäki suwy çekip owralýar, netijede, önümiň şekili üýtgeýär. Şonuň üçin syrçаланan wagtynda ýarym önüm owralyp gitmezligi üçin, oňa belli bir derejede mehaniki gatylyk

bermek üçin 800-900<sup>0</sup>C-de (massanyň düzümine seredip) birinji gezek ýakylyar. Bu ýakma prosesi rolgan peçlerde alnyp barylýar.

Birinji ýakmadan soň ýarym önüm reňkiň kömegi bilen saýlanýar, ondan soň syrçalanýar. Syrçаланан önüm ikinji gezek goýberilýar. Ikinji ýakma prosesi tunel peçlerde, kameraly peçlerde pes temperaturalarda alnyp barylýar. Önümi ikinji gezek ýakylan wagtynda esasy fiziki-himiki prosesleri bolup geçýar. Farforyň esasy häsiýetleri emele gelýar we eksplatasion häsiýetlere eýe bolýar ( mehaniki gatlygy, dykzlygy, aklygy, suw çekijiligi girýar).

Farfory birinji gezek ýakma režimi aşakdaky ýaly bolýar:

Farfor önümini ýakylanda bolup geçýan proseslere seredenimizde, olarda



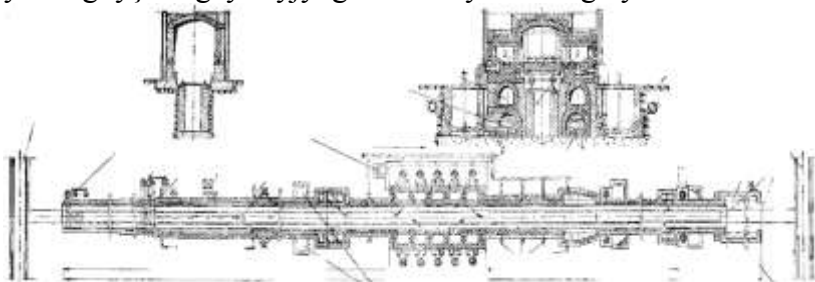
Surat 29. Tunel peçinde forfory birinji ýakmasy

birinji gezek diýip pikir edýäris. Çünki 1000<sup>0</sup>C-de ýakylanda emele gelen prosesleri önümiň düzüminde üýtgemeleryň bolmagyna alyp gelmeýar.

### **Farfor önüminiň ýakma kadasy:**

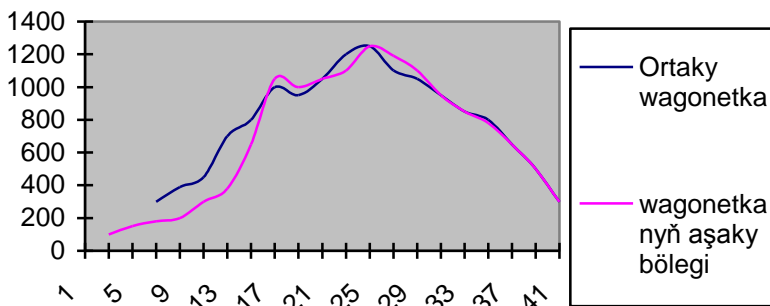
Ýakma prosesi dört döwre bölünýar:

1. 850-1000<sup>0</sup>C-de bolýar. Bu döwürde massanyň düzümindäki gigroskopik çyglylygy 120-150<sup>0</sup>C çenli uçup çykýar. 200-300<sup>0</sup>C-de organiki maddalary ýanyp gidýär. 500-550<sup>0</sup>C-de himiki baglanan suw uçup çykýar. 700-800<sup>0</sup>C-de karbonat dargaýar we sulfatlar hem dargaýar. Bu döwürde gaty fazaly reaksiýalary bolýar. Bu döwürde temperaturany 100-140<sup>0</sup>C sagat tizlik bilen göterip bolýar. Bu döwürde oksidlenýän gaz sredasy emele gelýär. Oksidlenýän gaz sredasy ýangyjyň doly ýanmagy, organiki maddalaryň doly ýanmagy üçin gerek bolýar;
2. 900-1050<sup>0</sup>C çenli, bu döwürde oksidlenýän gaz sredasyny emele getirmelidir. Bu döwürde temperaturanyň hemişeligi bilen häsiýetlendirilýär. Temperaturanyň hemişeligi peçleriň içinde birmeňzeş temperatura bolmagy üçin gerek bolýar;
3. III walentli demir oksidlerini II walentli demir oksidine gaýtarmak üçin gerek bolýar. Munuň üçin gaýtaryjy gaz sredasy emele gelýär. Bu döwürde 1050-1200<sup>0</sup>C temperaturada bolýar. Demir III oksidini demir II oksidine gaýtarylmagynyň sebäbi, demir III oksidi farfora sarymtyl reňk berýär. Demir II oksidi bolsa açyk asman reňki berýär;
4. 1250<sup>0</sup>C–dan tä maksimal temperatura çenli ( $T_{\text{mak.}}$ - 1300-1400<sup>0</sup>C) .Massanyň düzümine garap, bu döwürde temperatura sagatda 50-80<sup>0</sup>C tizlik bilen göterilýär. Maksimal temperatura 2-3 sagat saklanýar. Bir tekiz saklamakdan maksadymyz temperaturany deňşdirmek. Bu döwürde neýtral faza sredasy ýa-da güýcsüz gaýtaryjy gaz sredasy emele gelýär.



Surat 30. Tunel peçiniň kese we wertikal kesimleri

Farfor ikinji gezek ýakylanda aşakdaky ýaly režim alnyp barylýar.



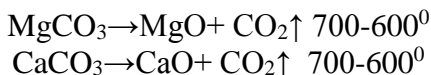
Surat 31. Farfor önüminiň ikinji ýakma kadasy

### 8.3. Farfory ýakylan wagtynda emele gelýän fiziki-himiki prosesleri

**Farforyň düzümine** toýun, kaolin, kwars, dolomit deňişli bolýar. Farfor massasyny, ýakma temperaturasyny massa düzümine girýän komponentleriň mukdaryna, olaryň himiki düzümine bagly bolýar. Olaryň düzümine meýdan şpaty köpräk mukdarda goşulan bolsa, farforyň ýakma temperaturasy pes bolýar. Eger- -de kaolin horak goşulan bolsa, farforyň temperaturasy ýokary bolýar.

Farfor massasyny ýakylan wagtynda aşakdaky prosesleri emele gelýär:

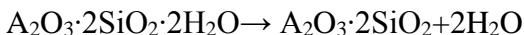
1. 120-150<sup>0</sup>C temperaturada massanyň düzümindäki gigroskopik çyglylyk uçup çykýar;
2. 200-300<sup>0</sup>C temperaturada organiki maddalar (kaolin we toýunyň düzümindäki) ýanýar;
3. 700<sup>0</sup>C temperaturada toýunyň we kaoliniň düzümindäki karbonatlar dargaýarlar.



Kaoliniň we toýunyň düzümindäki sulfatlar hem dargaýar:



Bulardan başga toýun we kaoliniň esasyňy emele getirýän kaolinit degidratasiýalanýar, ýagny himiki baglanan suwy uçup çykyp, metakaolinit emele gelýär:



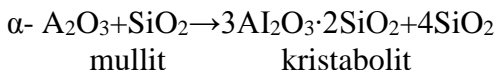
Metakaolinit

850-900<sup>0</sup>C-de metakaolinit;

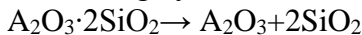


$\text{A}_2\text{O}_3$  amorf ýagdaýda bolýar, 950-1000<sup>0</sup>C-da amorf ýagdaýdaky  $\text{A}_2\text{O}_3$  kristal ýagdaýda  $\alpha$ -  $\text{A}_2\text{O}_3$  -ne öwrülýär.

$\text{A}_2\text{O}_3 \rightarrow \alpha$ -  $\text{A}_2\text{O}_3$  kristal 1150-1250<sup>0</sup>C-den başlap,  $\alpha$ -  $\text{A}_2\text{O}_3$  glinozýoma  $\text{SiO}_2$  bilen birigip mullit emele gelýär;



Metakaolinitden mullidiň emele gelmegi dogrusynda, häzire çenli iki hili pikir bar. Olardan biri ýokarda görkezilen bolup, iki pikir boýunça metakaolinite we käbir oksidlere bölünmeýär. Metakaolinit dogry ýakylanda 1300<sup>0</sup>C temperaturada mullit emele gelýär:



Toýun we kaoliniň düzümindäki kaolinitden emele gelen bu mullite birlemji mullit diýip aýdylýar, ol däne şekilinde bolýar. Massanyň düzümine goşulan kwars dürli şekile eýe bolup, temperatura artmagy netijesinde modifikasion üýtgemeler peýda bolýar. Munda 573<sup>0</sup>C-da  $\beta$ -kwars  $\alpha$ -kwarsa geçýär.  $\alpha$ -kwars 870<sup>0</sup>-de  $\gamma$ - tridimite geçýär.

1300-1350<sup>0</sup>C temperaturada  $\alpha$ -kristabolite geçýär, 710<sup>0</sup>C-de bolsa eretme ýagdaýa geçýär. Massanyň düzümine girýän meýdan şpaty 1170-1200<sup>0</sup>C-de eräp çüýşe görnüşli faza emele gelýär. Emele gelen çüýşe görnüşli faza temperaturanyň artmagy bilen, özüniň düzüminde kyn ereýän komponentleri SiO<sub>2</sub> we metakaolinitiň dargamagy netijesinde emele gelen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ni bir bölegini öz düzüminde eredýär. Temperatura artmagy bilen çüýşe görnüşli faza düzüminde erän SiO<sub>2</sub>-dan mullit emele gelýär. Bu mullit şekile eýe bolup, ikilemçi mullit diýip aýdylýar. Massanyň düzümine girýän komponentler çüýşe görnüşli fazadan bir bölegi eräp galan bölegi eremän galýar. Kwars 1710<sup>0</sup>C-de ereýär. Farforyň häsiýetleriniň düzüminde çüýşe görnüşli fazanyň mukdary 45-50% çenli bolýar. Eger çüýşe görnüşli fazanyň mukdary 50% -den köp bolsa, farforyň mehaniki gatylygy azalýar. Farforyň düzüminde mullidiň düzümi 25-32% töwereginde bolýar. Mullit farforyň mehaniki gatylygyny, ýylylyga çydamlylygyny, himiki berkligini, elektrik toguna berkligini artdyrýar. Mullidyň özi 1810-1830<sup>0</sup>C ereýär. Farforyň düzümindäki gowaklar (öýjükler) farforyň häsiýetlerini erbetleşdirýär. Farforyň düzüminde eremän galan kwars, farforyň mehaniki gatylygyny artdyrýar. Farfor bişmä ýakynlaşanda, has köp gowaklyga (öýjüklige) eýe bolýar (35-40%). Çüýşe faza emele gelmegi bilen ýarym önümiň gowaklygy azalýar, dykzlygy artýar we berkligi köpeliýär. Massanyň düzümine giren kwarsyň umumy mukdardan 15-40%-e çüýşe faza düzümine geçýär. Farforyň häsiýetlerini gowulandyrmak üçin massanyň düzümine käbir goşmaça maddalar goşulýar. Meselem, glinazyom goşulsa mehaniki gatylygy, himiki berkligi, dykzlygy artýar, şu bilen bilelikde ýakma temperaturasy artýar. Farforyň dielektrik häsiýetlerini anyklamak üçin massanyň düzümine talk goşulýar. Farfor ýakylanda aşakdaky braklar emele gelýär.

Birinji ýakylandan soňky braklar aşakdakylardan ybaratdyr. Ýakylandan soň farfor kül reňkli bolýar:

1. Ýakylan wagtynda kükürdiň täsiri netijesinde bolýar;
2. Jaýryklar bu tizlik bilen gyzdyrlanda ýa-da sowadylanda emele

gelyär;

3. Deformasiýa temperatura bir taraplama tasir edilende emele gelyär;
4. Bir ýerden ikinji ýere transfortrowka edilýär.

Ikinji ýakmadaky braklary aşakdakylardan ybaratdyr:

1. Ýangyjyň düzüminde kükürt bolsa kül reňke geçýär;
2. Sary reňk bolsa gaýtaryjy sreda, ýeterlik bolmasa emele gelyär;
3. Deformasiýa ýakma temperaturanyň ýokarlanmagy netijesinde emele gelyär;
4. Önüm çetki böleginden ýarylýar, sowadylan wagtynda temperaturany birden tiz peseldilende jaýryklar emele gelyär;
5. Hapalanmagy, önümiň ýüzünde kapseliň bölegi döwülip, önümiň ýüzünde ýelmeşip galyplanmagy;
6. Puzr (köpürjik), önümiň ýüzünde ýagny ulurak öýjükleriň emele gelmegi, bu brak peçleriň içinden howanyň nätekiz hereketi netijesinde emele gelyär;
7. Önümiň ýüzünde ownuk howa köpürjikleri emele gelyär;
8. Önümi ýakylan wagtynda himiki reaksiýalaryň netijesinde, bölünip çykan suw buglary we gazlaryň daşary çykyp gitmedik ýagdaýda emele gelyär;
9. Sek syrçany, massanyň ýylylykdan giňelme koeffisienti, syrçanyň ýylylykdan giňelme koeffisienti bilen birmeňzeş bolmadyk ýagdaýda emele gelyär.

## **9. Elektroizolýasiýa farfory işläp çykarmak**

### **9.1. Elektroizolýasiýa farforyň ulanylyşy we görnüşleri**

**Elektroizolýasiýa farforyny** ýokary derejedäki mehaniki gatylyga, ýylylyga çydamlylygyna, himiki berkligine we dielektrik görkezijilere eýe bolýar. Bu farfory

halk hojalygynyň energetika, elektrotehnikada giňden ulanylýar. Olar tok güýjüni bir ýerden ikinji ýere geçirmekde, tok bilen işleýän apparatlarda, elektrik stansiýalarda, telegraf telefon linýalarda tok geçirmeýän material hökmünde ulanylýar. Elektrik togunyň täsirine garşy durmak ukybyna garap, ýokary woltly ýa-da pes woltly diýip atlandyrylýar.

Pes woltly elektroizolýasiýa farforyny 500 woltdan az bolan güýjenmede ulanylýar. Ýokary woltly elektroizolýasiýa farfory bolsa güýjenmesi 500 woltdan ýokary bolan tok güýjünde ulanylýar. Ýokary woltly farfory ulanylşyna garap, birinji linýalarda, ikinji apparatlarda, üçünji stansiýalarda ulanylýar. Pes woltly farfory telegraf telefon linýalarynda, içki we daşky diwarlarda pes woltda ulanylýar. Ýokary woltly farfory uly güýjenmä eýe bolan elektrik stansiýalarda, apparatlarda, linýalarda ulanylýar. Ýokary woltly farfory berkligi, mehaniki gatylygy we başga häsiýetleri bilen pes woltly farfordan ýokary durýar. Elektroizolýasiýa farforynyň şekili dürli görnüşde bolýar.

Massanyň düzümine seredip hem elektroizolýasiýa farfory dürli görnüşde bolýar. Meselem, glinazyomly elektroizolýasiýa farforynyň düzümine 50% çenli  $Al_2O_3$  goşulýar. Mullitli düzümine ýakylan kaolin goşulýar. Ýokary kwarsly düzümine 37% çenli kwars goşulýar. Sirkoni düzüme 10% çenli sirkony goşulýar. Bu materiallary ýakylanda elektroizolýasiýa farforynyň käbir farforlaryň häsiýetlerini gowulandyrmak maksady üçin ulanylýar.

## **9.2. Elektroizolýasiýa farfory üçin ulanylýan çig mallar**

**Çig mal hökmünde** ýakylanda, ak reňk berýän toýun we kaolin kwars, meýdan şpaty, pegmatit, andalazut, sirkony we başgalar ulanylýar. Ulanylýan toýunyň düzümi arassa bolmalydyr. TDS-iň aşakdaky talaplary bar:

$Al_2O_3$ -35% den ýokary bolýar;

$Fe_2O_3$ -3% az bolýar;



## **Oda çydamlylygy 1710°C;**

Çyglylygy W=20%.

Iki mikrondan az bolan fraksiýalar 60%-den köp bolýar. 10 mikrondan kiçi bolan fraksiýalar 85%-den köp bolýar.

Standart boýunça kaoline goýulan talaplary:

Standart boýunça kaoliniň düzüminde  $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,5$  az bolmaly;

$\text{TiO}_2 < 0,6$

$\text{CaO} < 0,8$

$\text{SO}_3 < 0,3$

Çyglylyk W=20% bolmalydyr. Gysgarmagy 105-110°C-de guradylanda 4%-den az bolmalydyr.

Standart boýunça kwarsa goýulan talaplar:

$\text{SiO}_2 > 98-97 \%$ ;

$\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,8-0,15\%$ ;

$\text{TiO}_2 \leq 0,1 \%$ ;

$\text{CaO} < 0,25\%$ -den geçmeli däldir.

Standart boýunça meýdan şpatyna talaplar:

$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} < 13\%$  az bolýar;  $\text{K}_2\text{O}$ :  $\text{Na}_2\text{O}$  4%-den ýokary bolýar;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -niň mukdary  $< 0,15 \%$  geçmeli däldir;  $\text{CaO} + \text{MgO} < 1,15 \%$  -den geçmeli däldir.

Elektroizolýasiýa işläp çykarmak üçin ulanylýan meýdan şpatynyň düzümindäki  $\text{K}_2\text{O}$ -ni  $\text{Na}_2\text{O}$  garanda, 4% -den ýokary bolmalydyr. Hojalyk farfory üçin bolsa bular ýaly talaplar goýulmaýar. Sebäbi  $\text{K}_2\text{O}$  elektroizalýasiýa farforynyň dielektrik häsiýetlerini gowulandyryýar,  $\text{Na}_2\text{O}$  bolsa erbetleşdirýär.

Elektroizalýasiýa farforynyň massa düzümi, hojalyk farfor massasynyň düzüminden tapawut edýär. Massa taýýarlamak üçin birmeňzeş abzallary ulanylýar. Massanyň ownuklyk derejesi  $1000 \text{ deş/cm}^2$  elekdäki galyndy 0,1% çenli bolmalydyr.

Elektroizolýasiýa farfory üçin üç görnüşdäki massa taýýarlanylýar:

1. Şliker ýagdaýdaky;

2. Poroşok ýagdaýdaky;
3. Plastik ýagdaýdaky massalar taýýarlanylýar.

Plastik we poroşok ýagdaýdaky massadan köpräk peýdalanylýar. Poroşok ýagdaýdaky massanyň çyglylygy 16-18% töwereginde bolýar. Bular ýaly massa ýarym gury ýagdaýda ýa-da gidrostatiki preslemek usuly bilen galyplamak üçin ulanylýar.

Elektroizalýasiýa farfory başgada aşakdaky usullar bilen galyplanýar:

1. Plastik massadan süýndürmek usuly;
2. Erkin galyplamak usuly;
3. Pres boýunça şekillendirmek;
4. Gips galyplarda galyplamak;
5. Uly göwrümdäki önümleri galyplamak.

**Plastik massadan süýndürmek usuly aşakdaky ýaly alnyp barylýar:**

21-23 % çyglylykda wakuummýalkadan çykan massany lentaly presde ýörite muntştukdan çykarylýar. Çykýan massanyň şekili belli formada bolup, onuň uzynlygy boýunça kesilýär, soňra bularyň ýörite tokly enjamlarynda uzadylýar

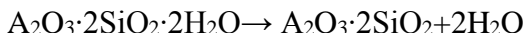
2. Erkin galyplamak usuly massadan belli bölek alnyp, ýarym awtomatda galyplanýar;
3. Pres boýunça şekillendirmek galyplaýan stanoklarda belli bir massanyň böleginden alyp galyba salynýar. Galyplarda presläp gerek şekili berilýär. Munda ulanylýan massa wakuumpresden çykýan çyglylygy 21,1-22-5% eýe bolýar. Bu hem ýarym önümi hasaplanyp, ony hem tokly stanoklaryň kömegi bilen ugradylýar;
4. Gips galyplarda galyplamak guýmak usuly bilen galyplanýar;
5. Uly göwrümdäki önümleri galyplamak, biziň ýurdumyzda izalýatorlary 6m, 10m, 8m taýýarlanylýar. 1350-1380°C-de temperaturada tunel peçlerde ýakylýar.

### 9.3. Elektroizolýasiýa farforyny ýakylan wagtynda emele gelýän fiziki-himiki prosesler

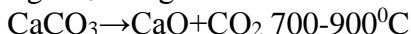
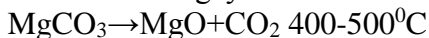
Elektroizolýasiýa farforyny ýakylan wagtynda aşakdaky fiziki-himiki prosesleri emele gelýär:

1. Birinji döwürde 20-80<sup>0</sup>C çenli bolup, bu döwürde 20-300<sup>0</sup>C çenli bolan wagtda gigroskopik çyglylyk uçup çykyp gidýär. Olardan daşary 20-600<sup>0</sup>C-de kömür emele gelýär, CO<sub>2</sub> gazy çalaja ýananda kömür bölünip çykýar. CO<sub>2</sub> bu kömüri ýarym önümiň ýüzüne ýapyşyp galmagy mümkin. Ýapyşyp galmazlygy üçin kömüri doly ýakyp goýbermeli bolýar.

Munuň üçin goýberilýän howanyň mukdaryny köpeldýäris. Howa harçlanmasynyň koeffisienti 2-4 aralygynda bolýar. Bu döwürde hem organiki maddalary ýanyp gidýär. α-1,5÷1,8 mukdarda alynýar. Bu döwürde, ýöne 400-1000<sup>0</sup>C temperaturada himiki baglanan suw uçup çykyp gidýär:



Bulardan başga β- kwarsa 575<sup>0</sup>C—da α-kwarsa geçýär. Olardan başga karbonatlar dargaýar:

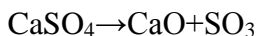
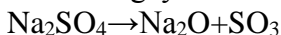


Bu döwürde oksidlenýän gaz sredasyny emele getirmeli bolýar.

Ikinji döwürde 80-100<sup>0</sup>C çenli. Bu döwürde oksidlenýän gaz sredasyny emele getirýär, kömür galyndylaryny doly ýakmak üçin gerek bolýar.

Üçünji döwürde gaýtaryjy gaz sredasyny emele getirýär. 1000-1250<sup>0</sup>C-da gaýtaryjy gaz sredasyny Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>→FeO çenli gaýtarylýar. Bu gaýtaryjy sredany emele

getirmek üçin goýberilýän howanyň mukdaryny azaldýar. Bu döwürde  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$  dargaýar:



$\text{Na}_2\text{SO}_4$  - i  $1200-1300^\circ\text{C}$  töwereginde dargaýar.

Dördünji döwürde  $1250^\circ\text{C}$ -de temperaturadan tä maksimal temperatura çenli.

$1350-1440^\circ\text{C}$ -e töwereginde bolýar. Massanyň düzümine garap, bu döwürde meýdan şpatynyň eremeginde emele gelen çüýşe görnüşindäki faza gaty maddalaryň arasyny doldurýar. Dykzlygyny artdyrýar. Belli mukdarda kristal fazalary emele gelýär. Materialyň gysgarma prosesi gutarýar we material bişýär.

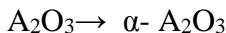
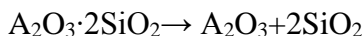
Bu döwürde gaýtaryjy gaz sredasy gerek bolmaýar. Şonuň üçin güýçsüz gaýtaryjy ýa-da neýtral gaz sredasyny emele getirmeli bolýar. Ýokary temperaturada 2-4 sagadyň dowamynda saklamak bolýar.

Bäşinji döwre sowatmagyň birinji döwri diýip hem atlandyrylýar. Bu döwürde temperatura maksimal temperaturadan  $1000^\circ\text{C}$ -e çenli sowadylýar. Sowadyş tizligi  $300-500^\circ\text{C}$  emele getirýär, bir sagadyň dowamynda bolup geçýär. Bu döwürde oksidlenýän gaz sredasyny emele getirmeginiň sebäbi, haýal ýanýan kömür galyndysy bolsa ony ýok etmek üçin ulanylýar. Tiz sowatmagymyzyň sebäbi,  $\text{FeO}$ -nyň  $\rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$ -ne öwrülmezligi üçin tiz sowadylýar.

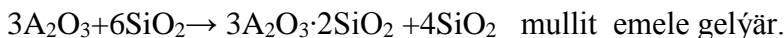
Altynjy döwürde  $1000-700^\circ\text{C}$  çenli sowadylýar. Munda sowatma haýallyk bilen alnyp barylsa, materialyň ýylylyga çydamlylygy artýar. Eger çaltlyk bilen sowadylsa gatylygy artýar.

Ýedinji döwürde  $700-450^\circ\text{C}$  çenli sowatma. Bu ýerde haýal sowadylýar.  $\alpha$ -kwars modifikasion üýtgeşme  $\beta$ -kwarsyna öwürülýär. Şu döwürde göwrüminiň üýtgemegi sebäpli jaýryklar emele gelmezligi üçin haýal sowadylýar.

450-200°C we 50° C çenli sowadylýar. Munda sowatma tizlik bilen alyp barylýar.



1450-1500°



#### 9.4. Himiki berk farfory işläp çykarmagyň tehnologiýa prosesi

**Himiki berk farfory** bu himiki tejribehana gaplaryny taýýarlamakda himiki enjamlarda ulanylýar. Medesina önümlerini taýýarlamakda, sanitariýa gigena önümlerini taýýarlamakda ulanylýar. Ýylylyk çalyşma enjamlary taýýarlanylýar. Himiki berk farfordan farmoseptika pudagynda dürli önümleri taýýarlanýar. Himiki reaktiwleri saklamak üçin uly-uly gaplar taýýarlanylýar. Himiki berk farforyň düzüminde mullit, çüýşe görnüşli faza, kwars mullit bolýar.

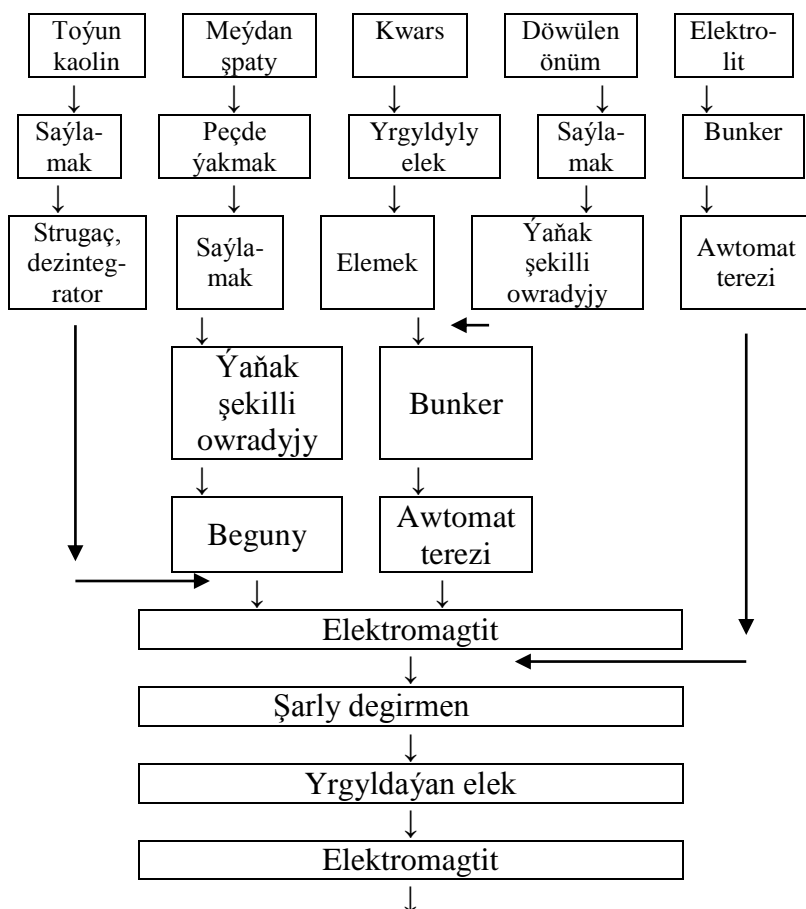
Himiki berk materiallaryň düzümindäki mullit 30-35%-e çenli barýar. Olaryň suw çekijiligi 0,1-0,10% töwereginde bolýar. Olaryň süýnme güýjüne berkligi 620 kg/cm<sup>2</sup>, egme güýjine berkligi 1260 kg/cm<sup>2</sup> bolýar. Sowuga çydamlylygy 25 siklden köpräk bolýar. Himiki berk farforyň kislota we aşgara çydamlylygy 98%-den az bolmaly däldir. Ýylylyga çydamlylygy 15 sikleden az bolmaly däldir. Gysylma güýjüniň berkligi 4000-5000 kg/cm<sup>2</sup> bolýar. Dykzlygy 2,3-2,4 bolýar. Çig mal hökmünde 20-40% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 50-75% SiO<sub>2</sub>, 3,5 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1-2% CaO kaolin, bentonit, meýdan şpaty, pegmatit, kwars ýa-da gum we beýlekileri ulanylýar.

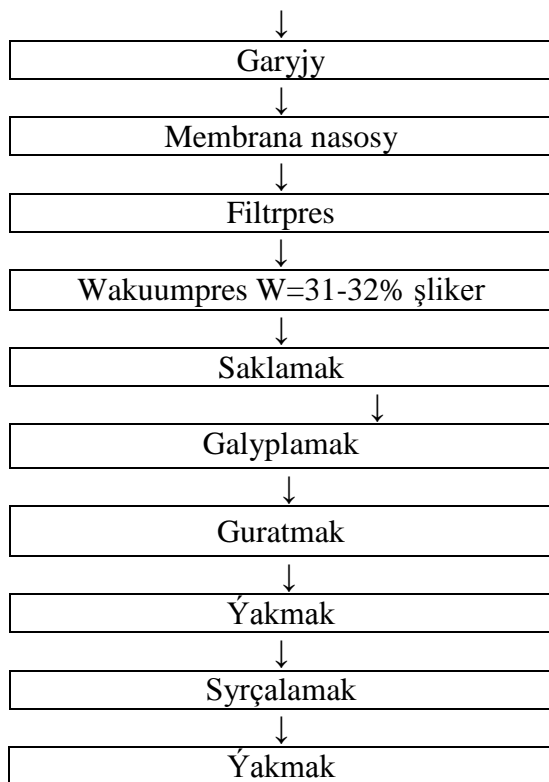
Himiki berk farfory taýýarlamakda meýdan şpaty, pegmatit, nefilin, sianid ulanylýar, nefilin, sianidiň kemçiligi bolup olaryň düzümindäki FeO oksidiniň köplügidir. Bu FeO-

ni arassalamak üçin elektromagnitiň kömegi bilen başlaşdyrylýar.

Farfor üçin ýokary temperaturada ereýän syrçalar ulanylýar. Bu syrçalar üçin çig mal hökmünde mel, dolomit, kaolin, soda, kwars, meýdan şpaty we beýlekiler ulanylýar. Bu çig mal özüniň düzümi boýunça standartyň talabyna laýyk gelmeli.

Himiki berk farfory aşakdaky tehnologiýa çyzygysy boýunça alyp barylýar

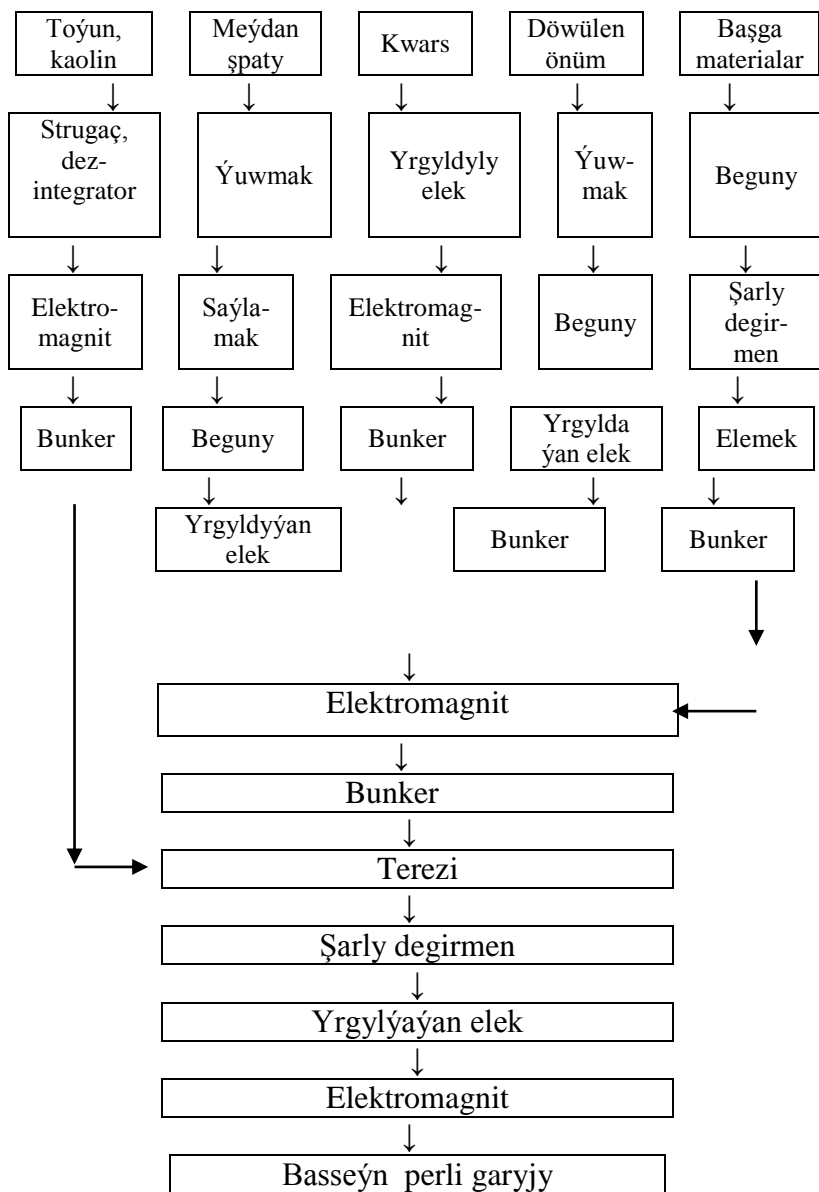




Himiki berk farfory işläp çykarmak üçin üç hili massa ulanylýar. Şliker, poroşok, plastik haldaky massalary ulanylýar, olardan preslemek, galyplamak, gips galyplara guýmak usuly bilen önümler taýýarlanylýar.

Ýakmak 1100-1150°C-da alnyp barylýar. Ikinji ýakma prosesinde 1350-1380°C-de alnyp barylýar. Ýakma prosesi tunel peçlerde alnyp barylýar.

Himiki berk farfor taýýarlananda syrçalamak aşakdaky çyzgy boýunça alnyp barylýar





## **Edebiýat**

1. Türkmenistanyň Konstitusíasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhobelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny) Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň „Obalaryň, şäherleriň, etraddaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin“ Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. “Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry“ Milli maksatnamasy. „Türkmenistan“ gazetini 2003-nji ýylyň 27-nji awgusty.
9. „Türkmenistanyň nebit-gaz senagatyny ösdürmegiň 2030-nji ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy“. Aşgabat, 2006.
10. Химическая технология керамики и огнеупоров (под ред. Бурникова П.П., Полубояринова Д. Н. М., Стройиздат, 1972.
11. А.Н.Августиник Керамика.–Ленинград, Стройиздат, 1972.
12. Бурлаков Г.С. Основы технологии керамики и искусственных пористых заполнителей. М., "Высшая школа", 1972.
13. Мороз И.И. Технология строительной керамики. Киев "Вище школа", 1972.

- 14.** Ильевич А.П. Машины и оборудование для заводов по производству керамики и огнеупоров М., "Машиностроение", 1963.
- 15.** Булавин И.А. Оборудование керамических и огнеупорных заводов М., "Высшая школа", 1965.
- 16.** Балкевич В.Л. Техническая керамика М., Стройиздат, 1968.

## **Mazmuny**

	Giriş	7
<b>1.</b>	Keramiki materiallaryň esasy häsiýetleri	9
<b>1.1.</b>	Keramiki önümiň mikrodüzülişi we faza düzümi	9
<b>1.2.</b>	Mehaniki berkligi we ýylylygyň mehaniki häsiýetleri	12
<b>1.3.</b>	Ýylylygyň fiziki häsiýeti we odaçydamlygy	14
<b>1.4.</b>	Ýokary temperaturada göwrüm hemişeligi we elektro-fiziki häsiýetleri	17
<b>1.5.</b>	Şekilini we ölçegini kesgitlemek	24
<b>2.</b>	Keramiki materiallary işläp çykarmagyň tehnologiýasy	25
<b>2.1.</b>	Keramiki materiallaryň esasy prosesleri we usullary	25
<b>2.2.</b>	Massaniň dänelik düzümi we massa düzümine girýän komponentleri owratmak	28
<b>2.3.</b>	Materialy owratmak	31
<b>2.4.</b>	Komponentleri garyşdyrmak we keramiki massany taýýarlamak	34
<b>2.5.</b>	Keramiki önümleri şekillendirmek we gaplamak prosesi	36
<b>2.6.</b>	Plastik usulynda massany şekilendirmek	38
<b>2.7.</b>	Poroşok ýagdaýdaky massany preslemek	39
<b>2.8.</b>	Gidrostatik preslemek usuly	41
<b>3.</b>	Gurluşyk keramikasinda ulanylýan çig mallar	42
<b>3.1.</b>	Toýun we onyň häsiýetleri	42
<b>3.2.</b>	Toýunlaryň tehnologiki häsiýetleri	48
<b>3.3.</b>	Toýuna goşulýan goşundylar	50
<b>3.4.</b>	Toýunyň gyzdyrylmaklyga bolan gatnaşygy	53
<b>3.5.</b>	Diwarsow keramiki materiallar	54
<b>3.6.</b>	Wybra kerpiç fanerleri	59

3.7.	Kerpiç işläp çykarmagyň tehnologiýasy	60
3.8.	Diwarsow materiallary guratmak	64
3.9.	Kerpiji ýakma prosesi	67
3.10.	Çerepisa işläp çykarmagyň prosesi	70
3.11.	Çerepisanyň görnüşleri	73
3.12.	Ýapgyt üçekler üçin materiallar	76
3.13.	Fasad keramikasynyň bezegi materiallary	79
3.14.	Ýere düşelýän (pol)keramiki plitalar	86
3.15.	Keramiki kanalizasiýa turbasyny işläp çykarmagyň tehnologiýasy	93
4	Himiki berk keramiki materiallary işläp çykarmagyň prosesi	96
4.1.	Önümçilikde ulanylýan çig malla	96
5.	Nepis keramika önümçiligi	100
5.1.	Önümçilikde ulanylýan çig mal	100
5.2.	Nepis keramika önüminiň klassifikasiýasy	101
5.3.	Farfor we onyň görnüşleri	102
5.4.	Faýans we olaryň görnüşleri	104
5.5.	Nepis keramika önümleri işläp çykarmakda ulanylýan çig mallary	108
5.6.	Döwlet standartynyň çig mala bolan talaplary	116
5.7.	Farfor massasynyň düzümindäki komponentleryň olaryň häsiýetlerine täsiri	116
6.	Keramiki massany taýýarlamak	118
6.1.	Keramiki materiallary galyplamagyň usullary	118
6.2.	Keramiki massany galyplamak	122
6.3.	Gips galypda şlikeri guýmak usuly	125
6.4.	Poroşok ýagdaýdaky massany preslemek usuly	126
7.	Nepis keramika önümlerini çyrçalamak	128
7.1.	Çyrça taýýarlamak usulary	128
7.2.	Syrçalamagyň usullary	130
7.3.	Farfora gül goýmak usuly	131

<b>8.</b>	Farfor önümlerini guratmak we ýakma prosesi	132
<b>8.1.</b>	Farfor önümlerini guratmak	132
<b>8.2.</b>	Ýakma prosesi	134
<b>8.3.</b>	Farfory ýakylan wagtynda emele gelýän fiziki-himiki prosesleri	137
<b>9.</b>	Elektroizolýasiýa farfory işläp çykarmak	140
<b>9.1.</b>	Elektroizolýasiýa farforyň ulanylşy we görnüşleri	140
<b>9.2.</b>	Elektroizolýasiýa farfory üçin ulanylýan çig mallar	141
<b>9.3.</b>	Elektroizolýasiýa farforyny ýakylan wagtynda emele gelýän fiziki-himiki prosesler	144
<b>9.4.</b>	Himiki berk farfory işläp çykarmagyň tehnologiki prosesi	146
	Edebiýat	150
	Mazmuny	152