

**TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

**O.Gulyýewa**

**BERKIDIJI  
MADDALARYŇ  
TEHNOLOGIÝASY**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

**O.Gulyýewa,** Berkidiji maddalaryň tehnologiýasy.

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby, Aşgabat – 2010 ý.

## Giriş

Hormatly Prezidentimiziň parsatly ýolbaşçylygynda Garaşsyz, Baky Bitarap Türkmenistan Döwletimiz gün-günden pajarlap ösýär. Halk hojalygynyň hemme ugurlarynda düýpli özgertmeler amala aşyrylýar.

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň „Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, halky söýmek bagtdyr“ atly kitabynda "Güýçli döwletde ylym esasy orny eýeleýär, diýmek, biz ylmyň iň täze gazananlary bilen aýakdaş gitmelidiris“diýip belleýär we ylym älemine aralaşmaga ýagty ýol görkezýär.

Şeýle-de Hormatly Prezidentimiz bilim ulgamyndaky täze özgertmeleri ylym-bilimi ösdürmegiň möhüm, usullaryny saýlamak babatynda aýdan „Ylym ýurdumyzy ösdürmegiň ileri tutulýan ugurlarynyň biridir, şu jähtden tebigy serişdelerden, ýerden we suwdan, ýeliň we günüň energiýasyndan peýdalanmak aýratyn ähmiýete eýedir diýip aýdýar.

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow tarapyndan 2008-nji ýylyň Fewral aýynyň 2-sine geçen welaýatlaryň awadanlaşdyrylmagyna degişli meseleler boýunça giňişleýin döwlet maslahatynda Türkmenistanyň Prezidentiniň obalaryň, şäherçeleriň etraplardaky şäherleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşaýyş şertlerini düýpli özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Milli maksatnama kabul edildi. Bu işleriň üstünlikli durmuşa geçirilmeginde Türkmenistanyň Gurluşyk we gurluşyk materiallary senagaty ministrliginiň önünde bu ugurda has hem uly işler durýar. Biziň şäherlerimiz, etrap merkezlerimiziň, obalarymyzyň durky düýpgöter üýtgemeli. Täze sagaldyş merkezleri, sport toplumlary dünýäniň iň öndebaryjy tejribesiniň we biziň milli binagärlik sungatymyzyň aýratynlygyny göz önünde tutup gurulmaly.

Bu ugurda amala aşyrylýan ägirt uly desgalaryň we binalaryň gurluşygy bolsa ýakyn geljekde sementiň, aýnanyň,

keramiki önümleriň, bezeg daşlarynyň, dag jynslarynyň önümçiligini ösdürmegi talap edýär. Şony göz önünde tutup Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow geçen ýylyň Fewral aýynyň 2-sinde geçiren welaýatlaryň awadanlaşdyrylmagyna degişli döwlet maslahatynda Balkan welaýatynda ýokary öndürijilikde gury usulda sement öndürýän zawod gurmaklygy tabşyrdy. Şolar ýaly-da Baharly sement zawodynyň gapdalynda ýakyn geljekde ýokary öndürijilikli sement zawodyny gurmaklygy göz önünde tutulýar.

Şeýlelik-de 2020-nji ýyla çenli ýurdumyzda sementiň öndürilişi 4 million tonna ýetirilmeli bu sepgitlere ýetmek üçin bolsa biziň ýurdumyzda sement önümçiliginiň çig malyna hiç-hili bökdençlik ýok.

Biziň ýurdumyz gazylyp alynýan ýerasty baýlyklara örän baýdyr. Olardan hasda tebigy gazyň gory boýunça biziň ýurdumyz öňdäki orunlary eýeleýär. Şeýle hem nebitiň, himiýa çig mallaryň, gurluşyk materiallarynyň we beýlekileriň örän köp zapaslary bardyr.

Gündogar-Günorta Türkmenistanda, ýagny Köýtendag sebitinde gurluşyk materiallarynyň, metal magdanlarynyň köp mukdardaky baýlyklary ýerleşýär. Gurluşykda nebit çykarmakda giňden ulanylýan baritiň (tebigy mineral  $\text{BaSO}_4$ ), gipsleriň  $\text{CaSO}_4$ , hek daşynyň  $\text{CaCO}_3$ , dolomitleriň (tebigy mineral  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{Mg CO}_3$ ) kwars çägeliriniň we beýlekileriň uly ýataklary açyldy. Günbatar Türkmenistanda, Birata sebitlerinde bentonitleriň (tebigy toýun) baý kânleri bar. Mermer, oniks, ýaly gymmatly gurluşyk we bezeg daşlary, farfor, faýans, keramiki önümleri öndürmäge mümkinçilik berýän toýunlar, meselem: kaolin ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) we beýlekiler bar. Merkezi Aziýa regiony boýunça ilkinji gezek Gyzyлгаýa kaolin ýatagy hem tapyldy. Onda-da himiki düzümi boýunça dünýäde iň gowy kaolin. Türkmenistanyň territoriýasynda 4 sany kwars çägelik ýatagy bolup olaryň biri Gyzyлгаýa ýatagydyr. Bu ýerdäki çägelik ýataklary penjire

áynasyny, ýuka keramika we farfor-faýans önümçiliginde ulanylmaga ýaramly. Gyzyлгаýanyň golaýynda bentonitly palçyklaryň täze ýataklary açyldy. Tehniki hili boýunça Gyzyлгаýa bentoniti Oglanly bentonitinden kem durmaýar. Şeýle hem ol edil Gyzyлгаýa kaolini ýatagynyň ýanynda ýerleşýär. Balkan welaýatynyň günbatarynda Gyzyлгаýadan uzak bolmadyk Ýagman argillit ýatagy Merkezi Aziýada iň iri ýataklaryň biridir. Argillit keramzit çaglyny hem-de gumuny öndürmek üçin çig mal hökmünde peýdalanylýar. Olaryň senagat taýdan özleşdirilmegi ýurdumyzyň mundan beýläk hem ykdysady kuwwatynyň has berkemegine getirer.

Emma çig malyň senagat taýdan özleşdirilmegi diňe onuň gorlary bilen kesgitlenmän, eýsem köp sanly çylşyrymly tehniki-ykdysady we tehnolokigi meseleleri çözmek bilen baglanyşyklydyr. Bu babatda mineral baýlyklaryň düzüminiň çylşyrymlaşmagy, alynýan önümiň himiki özboluşly himiki aýratynlyklary, galyberse-de çig malyň ýerleşýän ýerleriniň tebigy şertleri we başga-da köp sanly faktorlar alymlaryň we hünärmenleriň öňünde täzedan çözülmele meseleler goýýar.

Garaşsyzlygymyzy alanymyz bári biziň ýurdumyz öz baýlyklaryny özünde gaýtadan işlemek ýoluna düşdi. Netijede biziň halk hojalygymyz üçin gerek bolan köp senagat önümleri öz çig malymyzyň hasabyna almaklyk göz öňünde goýuldy. Munuň üçin ýurdumyzy ykdysady syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2010-njy we 2020-nji şeýle-de 2030-njy ýyllara çenli döwür üçin ösüşiň Milli maksatnamasy düzüldi we kabul edildi.

Ýurdumyzyň gymmatly tebigy mineral baýlyklarynyň esasynda halk hojalygyna gerek bolan we daşary bazara çykarylmalý köp dürli himiki, nebitimiýa, gazhimiýa maddalaryň, dökünleriň, gurluşyk materiallarynyň we beýleki serişdeleriň öndürilişi ýakyn geljekde birnäçe esse artdyrylmaly. 2030-njy ýyla çenli nebitiň çykarylşy ýylda 110 mln. Tonna, tebigy gazyň öndürilişi 250 mlýard. m<sup>3</sup> ýetirilmeli. Bu ägirt uly sepgitlere ýetmek üçin bolsa täze kuwwatly

nebitgaz ojaklary açylmaly we senagat taýdan özleşdirilmeli. Şeýle hem gurluşyk materialy bolan sement öndürmeklik 2020-nji ýyla çenli 4 mln. tonna, mineral dökünleriň öndürilişi 1 mln. tonnadan gowrak ýetirilmeli. Bu bolsa öňki kärhanalaryň giňeldilmegine we täze kärhanalaryň döredilmegine getirmeli.

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň ýadawsyz tagallalary netijesinde Baharly sement zawodynyň gapdalynda ýylda kuwwatlylygy 1 mln. tonna barabar bolan şeýle-de Balkan welaýatynda ýokary kuwwatlylygy bolan sement zawodlaryny, karbamid zawodlaryny, aýna kombinatynyň täze kärhanasyny gurmaklyk tabşyryldy. Bulardan başga-da irili-ownukly himiýa, gurluşyk materiallary we ş.m. önümçilikler dörar.

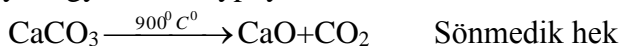
Aýdylyşy ýaly „Bu topragyň üsti hem hazyna, asty hem hazyna“. Halkymyzyň Beýik Garaşsyzlyga eýe bolmagy, ýurdumyzyň özygtyýarly döwlet bolmagy, „Milli galkynyş hereketimiziň parlak ruhy bizden keremli topragymyzyň her bir baýlygyny gyzylyň gyryndysy ýaly ezizläp saklamagy, ony köpeltmegi talap edýär. Bu bolsa täze guruljak binalaryň gurulmagy we hereket edýän kärhanalaryň durkunyň täzelenmegi sementiň öndürilişiniň artdyrylmagyny talap edýär.

Häzirki zaman dünýä tejribesinde sementiň ulanylmagy uly orun tutýar. Sementden alynýan önümler: demirbeton, monolitbeton, asbest sement önümleri, gurluşyk suwaglary, emeli materiallaryň dürli görnüşlerini, binalaryň dürli böleklerini sepleşdirmek üçin ulanylýan sement garyndylaryny gyrgyznlyk izolýasyýasy üçin ulanylýan sement ýaly materiallar ulanmaklyk gurluşykda ýetmezçilikleriň öwezini dolýar. Sement diňe bir Altyn asyrymyzyň altyn köşklerini gurmakda peýdalanmakdan başga-da nebit we gaz önümçiliginde has çylşyrymly şertlerde peýdalanmak üçin ýagny çuň buraw guýularynda-da peýdalanýlar. Ýene bir görnüşi bolsa, dürli duzlaryň iýiji, zaýalaýjy täsirine çydamly, durnukly, bolan sulfata durnukly sementdir. Şeýlelikde bu önümi ulanmakda

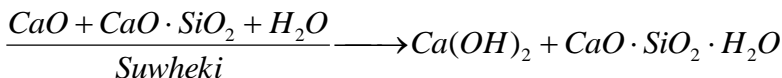
islendik suwy peýdalanmaga mümkinçiligiň bolmagy gurluşyk işlerini ýeňilleşdirýär.

## 1. Berkidiji maddalaryň gelip çykyşy

Häzirki wagtda sement iň möhüm gurluşyk materialy bolup durýar. Sement ýüze çykarylmaýyndan öň, Hek ulanylypdyr. Hek, hek daşynyň ( $\text{CaCO}_3$ -kalsiý karbonaty) gyzdurylmagy bilen alnypdyr.

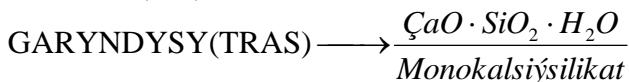


Wagtyň geçmegi bilen, içinde az mukdarda toýun saklaýan hek daşy ýakylyp suw heki ( $\text{CaO} + \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) diýlip atlandyrylýan material alnyp başlanypdyr.



Suw heki, suw bilen garylanda hekden has berk bolan garyndy emele getirýär. Käbir gadymy jaýlarda (aýratynda buthanalarda) şuna meňzeş garynda gabat gelmek bolýar.

Has soň, sönen heke  $\text{Ca(OH)}_2$  Horasan garyndysy goşulyp, suw hekinden has berk bolan garyndy alnypdyr.



Bu maddanyň, trasyň içinde saklanýan aktiw  $\text{SiO}_2$ -niň hek bilen birleşen monokalsiý silikatdan emele gelendigi anyklanylandyr.

Ýegiptliler piramidalary we beýleki binalaryň gurluşygynda toýunly gips ulanypdyrlar we gipsiň hem-de hekiň garyndylaryndan erginler taýýarlapdyrlar. Käbir piramidalarda hekli erginleri ulanypdyr. Soňraklar suwa durumly ýokary berklikli, berkidiji howa heki ýüze çykarylypdyr. Onuň yzysüre düzüminde ýokary derejede toýunsow maddalary saklaýan hek daşyny ýakanlarynda has suwa çydamly berk bolan material gidrawliki hek ýüze çykarylýar. Hili boýunça has ýokary bolan aýratyn toýunsow düzümlü mergel romansementi öndürmekde çig mal bolup hyzmat edýär. Pomansementiň yzysüre XVIII Asyryň aýagynda Angliýanyň Portland obasynyň golaýlarynda, ýeriň astynda suw bilen garylada gatylaşýan bir material tapylýar. Ondan soňra bu materiala tapylan obasynyň adyna görä "Portland Sementi" ad dakylýar.

1824-nji ýylda Džozef Aspidin hek bilen toýunyň garyndysyndan kömürkislotasyny doly aýyrmak bilen berkidiji maddanyň taýýarlanşyna patent alýar. Aspidiniň bu alan berkidijisine portlandsement diýip atlandyrylýar.

Sementiň iň möhüm häsiýetleriniň biri hem gidrawliki baglaýjylyk häsiýetidir. Gidrawliki baglaýjylyk: sement suw bilen birleşende suwda eremeýän durnukly birleşme emele getirip, doňma häsiýetini ýüze çykarmagydyr.

### **1.1. Berkidiji maddalaryň klaslary**

Organiki däl berkidiji maddalar ulanylanda öz düzümine baglylykda özaralarynda birnäçe topara bölünýärler: howaly, gidrawliki we awtoklawly gatamak.

Howaly berkidiji madda- suw bilen garyladan soň gatamagy suwuk ýagdaýdan hamyr ýagdaýyna geçip daşa öwrülýär, köp saklanýar özüniň berkligini howada ýokarlandyryýar bular ýaly berkidijilere gips, magnezial berkidijiler hem-de howaly hekler girýär.



Gidrawliki berkidiji madda- suw bilen gatadylandan soň howa we suwda-da özüniň berkligini ýokarlandyrýar bu topara portlandsementiň dürli görnüşleri, glinozýomly sement, gidrawliki hek (suwly) we romansement degişli. Bu berkidijileri ýerasty we ýerüsti gidrotehniki gurluşyklar gurlanda ulanyp bolýar.

Awtoklawly gataldyjy madda- ýokary basyşly doýgun bugda 0,8-1,6 MPa hem-de 170<sup>0</sup> -200<sup>0</sup>C ýokary gyzgynlykda alynýar. Bu topara mysal edip hekli-kremnezýomly garyndyly, ýagny düzüminde hek we kwars çägesi hem-de marsalit we kremnezýom saklaýan şeýle-de hekli- nefelinli, hekden ñw nefelin şlamyndan durýan bular awtoklawda uly režimde gatadylanda gatamaklygyny uly ösüşini gazanýar

## **1.2. Portlandsement**

Portlandsement – kämil önümçilik, raýat, ýaşayyş, oba hojalyk, gidrotehniki we ýol gurluşygynyň esasy materialy. Bu sementiň hili yzygider gowulanyp, onuň berklik görkezijileri hem ýokarlanýar. Portlandsementi 400, 500, 600- markada çykarylýar.

Sementiň iň möhüm aýratynlyklarynyň biri gidrawliki berkidijiligidir. Gidrawlik berkidijiligi bolsa suw bilen gowy garyşýan, suw bilen birleşende suwda eremeýän howada özüniň berkligini ýokarlandyrýan durnukly birleşmeleri emele getirip gatylaşýar.

Çig mal hökmünde bolsa hek daşy, toýun, kwars çägesi ulanylýar. Sementiň esasy maddasy klinker bolup durýar.

Klinker: hek daşy, mergel, gerek bolanda toýun gum, demir magdany ýaly çig mallardan ýagny klinkeriň mineralogik düzümini belli bir gatnaşykda 1500<sup>0</sup>C-den ýokary temperaturada ýakyp, sintezleşme (materialyň ereme derejesine baryp ýöne eremän galan haly) bişirip, garyp üwelmegi bilen emele gelýän önüm.

Portlandsementiň düzümine gips onuň tutluşma wagtyňy we beýleki häsiýetlerini gowulandyrmak üçin goşulýar. Gipssiz klinker poroşogy suw bilen garylada çalt tutluşýar we gataýar. Düzümindäki maddalara baglylykda portlandsementiň görnüşleri:

- goşundysyz portlandsement
- mineral goşundyly portlandsement
- şlakly portlandsement

Portlandsementiň häsiýetleri ilki bilen klinkeriň hili bilen kesgitlenýär. Portlandsement klinkeriniň hili şu aşakdakylar bilen häsiýetlenip bilner:

- Aýratyn oksidleriň saklanyşy himiki düzümi bilen.
- Mineralogik ýa-da faza düzümi ýagny klinker mineralynyň saklanyşy bilen.
- Doýgunlaşma koeffisienti we modul häsiýetnamasy bilen.

Sement öndürmegiň proseisi 5 başgançakdan ybarat bolup:

- 1.Çig mal üpjünçiligi
- 2.Owratma we üweme
- 3.Garma we gomogenezirleşdirmе
- 4.Bişirme
- 5.Klinkeriň üwelmegi bilen tamamlanýar.

Sement diýmeklik munuň özi latynçadan terjime edilende „caementum” ýagny döwülen daş diýmekdir.

2). Portlandsement klinkeriniň gurluşyny tebigatda saklanýan bir çig mal bilen emele getirmek mümkinçiligi gaty azdyr. Bu klinkeriň gurluşyny emele getirip bilýän bir çig mal bolup, ol bolsa düzüminde 75% hek daşy bilen 25% toýun saklaýan mergel hek daşy diýlip atlandyrylýan gaýalykdyr. Bu bolsa tebigatda talaba laýyk düzümdе we mukdarda hemme ýerde gabat gelmeýär. Sement önümçiligi üçin tebigatda iň köp saklanýan madda Hek daşydyr.

### **1.3. Portlandsementin çig materiallary. Hek daşy we hek daşy önümler**

Düzümünde köp mukdarda  $\text{CaCO}_3$  saklaýan maddalaryň esasylyry şu aşakdakylardyr:

- Hek daşy
- Mergell hek daşy
- Mergel (50-70% hek daşyndan, 30-50% toýundan emele gelen garyndy)
- Aragonit
- Balykgulagyn gabygy
- Mel
- Mermer
- Dolomit.

Sement önümçiligi üçin in amatly we tebigatda in köp saklanýan madda HEK DAŞYDYR. Himiki düzüminde 90%-e çenli  $\text{CaCO}_3$ , mineralogiki düzüminde-de 90%-a çenli kalsit saklaýan gaýalyklar bolup biler. Hek daşynyň mineralogiki gurluşy derňelende, onuň sap (arassa) haldaky kalsitden we gaty az mukdar-da aragonit kristallaryndan emele gelendigini görmek bolýar. Kalsiý we aragonit kalsiý karbonatynyň iki dürli kristalliki görnüşi bolup, himiki düzümleri teoriki hasap bilen 56%  $\text{CaO}$  we 44%  $\text{CO}_2$ -den ybaratdyr. Hek daşy, port gurluşly we döwülegendir. Gatylygy Mohs şkalasyna görä 3-e deň, udel agramy bolsa 2,5-2,7  $\text{g/sm}^3$ -dyr. Sap hek daşy köplenç ak reňkde bolýar. Düzümindäki keseki minerallar sebäpli hek daşy dürli reňkde hem bolup biler.

Hek daşlary deňiz ýa-da süýji suw esaslydyr we biohimiki usulda emele gelendir. Olar himiki ,organiki we mehaniki usulda çökerler. Deňizde ýa-da süýji suwly sreda-da ýaşayan jandarlar suwda saklanýan kalsiý iýonyny ýa-da kalsiý bikarbonatyny öz içlerine alyp kalsiý karbonata öwürülip gabyklarynda we skletlerinde saklarlar. Ýeriň ýüzünde bar bolan hek daşy mostralarynyň (hek daşynyň ýeriň ýüzüne çykan tūmmekleri) ählisi diýen ýaly ýokarda aýdylan

jandarlaryň emele getiren kalsiý karbonat (hek daşy) birikmeleridir.

Çuň suwlarda gorizontal emele gelen hek daşy gatlaklary geologiki hadysalary başdan geçirip biçüwleri, gurluşlary we hatda hilleri hem üýtgändir. Dag emele geliş we fleksuralar (başgançak görnüşli egrem gatlaklar) arkaly antiklinallar, senklinallar, çökmekligiň netijesinde bolsa horst we grabenler emele gelendir. Bular hem tektoniki hadysalaryň netijesinde dürli görnüşde bölünip, döwürler, bu döwürlere bolsa dislokasiýa diýip at berilýär. Agzalan tektoniki hadysalardan soň şol ýeriň topografiki ýagdaýyna görä iýilme, göçürmeklik we sedimentasiýa başlar.

Klimat şertleri, ösümlükler we janly-jandarlaryň iýilmekligiň çalt geçmegine täsir edýär. Iýilen bölümler ýel, ýagyş we derýalar arkaly göçürilýär. Göçürilip eltilen ýerinde, olar sedimentasiýa emele getirip başlarlar. Materiallaryň göçürilýän pursaty, bölejikleriň ölçeglerine we dykzyzlyklaryna görä tertip boýunça hereket ederler. Iri çagyllaryň daşa öwürülmegi bilen konglomeralar, ownuk gumlaryň daşa öwürülmegi bilen gre daşlary we palçyklaryň daşa öwürülmegi bilen mergel ýa-da toýun emele geler. Ownuklanma artdygyça himiki reaksiýalar artar. Himiki reaksiýalaryň netijesinde materiallar, käbir ýagdaýlarda  $\text{CaCO}_3$  taýdan baýlaşarlar. Hek daşlary, dürli görnüşde synplandyrylyp atlandyrylar.

#### **1.4.Toýun we toýunly önümler**

Toýun, toýun minerallaryndan emele gelen gaýalyklardyr.Mineralogiki düzüminde 90%-e çenli toýun saklaýan gaýa, toýun diýilýär. Toýun minerallarynyň iň aýdyň ýüze çykarýan häsiýetleri, himiki düzümlerinde  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ni saklamagy we suwly alýuminiý silikatlaryndan emele gelmegidir. Toýun minerallarynyň umumy düzüminde  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , Mg, Ca, P, K, Na we beýleki iýonlarynda az mukdarda saklanýandygyny görmek bolýar.

Düzümünde toýun saklaýan esasy maddalar:

- Toýun we toýun daşlary
- Toýunly slanes
- Şlak
- Uçýan kül
- Toýunly aspid slanesi
- Alýuminiý magdanynyň galyndylary
- Diaspor toýuny
- Kaolin

Köplenç bu maddalaryň 50%-lik böleginiň  $\text{SiO}_2$  bolmagyna, garamazdan düzümlerinde saklanýan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebäpli palçyk we plastiki häsiýet ýüze çykarýandyklary üçin bulara toýunly minerallar hem diýilýär. Toýunlar köplenç mineralogiki taýdan plastik bolan we plastiki häsiýet çykarýandyklary üçin bulara toýunly minerallar hem diýilýär. Toýunlar köplenç mineralogiki taýdan plastiki bolan we plastiki bolmadyk agzalary özünde saklaýarlar.

Sement önümçiligi üçin ulanylmaly toýun esasan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  –den ybarat bolmaly, şeýle-de bu toýun çig malynyň mineralogiki we himiki häsiýetleri zerur bolmak bilen bir hatarda olaryň gomogen bolmagy-da gaty möhümdir. Emma toýunyň görnüşiniň we hiliniň kesgitlenmegi diňe X- şöhleleri Difraksiýasy we Differensial Termiki Analiz bilen mümkindir. Toýunlaryň himiki analizinde  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$  we gyzdyrma ýitgisiniň % mukdaryny anyklamak zerur bolup durýar. Mineralogiki analizlerde bolsa toýun minerallaryndan başga sapsyzlyklary emele getiren agzalar we olaryň % mukdarlary kesgitlener. Sement öndürmek üçin ulanylmaly toýunyň himiki düzüminde  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$  gatnaşygy 2/1 töwereginde bolmalydyr.  $\text{SiO}_2$ -niň % mukdary ýokary bolan toýunlarda hökmany suratda kwars ýa-da halsedon görnüşli erkin kremniý oksidi bardyr. Bu bolsa önümçilik prosesinde üweme we bişme kynçylyklaryny döredýär. Toprak esasly aşgar oksidleriň ( $\text{CaO}+\text{MgO}$ ) mukdary 1%-den az bolmalydyr. Mundan başga-da sement

önümçiliginde ulanylmaly toýunlaryň 900-1050<sup>0</sup>C-da sinterleşmegi hökmanlydyr.

### **1.5.Kremniý oksidi we kremniý oksidli önümler**

Maksat edinilen klinkeriň himiki düzümini emele getirýän çig materialda ýeterlik mukdarda SiO<sub>2</sub> saklanmaýan bolsa, onda çig materiala gerekli möçberde kremniý oksidi ýa-da onuň laýyk gelýän önümleri goşulmalydyr. Sement öndürmekde ulanylmaly bu maddalarda saklanýan kremniý oksidiniň düzüminiň reaktiw bolmagy (reaksiýa girme ukyby ýokary bolan silikatlardan emele gelmegi), üweme we bişme kynçylyklaryny döredýän mineral we mineral toparlarynyň (halsedon, kwars ýaly) az bolmagy ýa-da hiç hili bolmazlygy gerekdir. Tersine bolanda energiýa we ýangyç babatynda tygşytsyz proses bilen iş salyşmaly bolar. Kremniý we kremniý oksidli önümleriň sement öndürmekde ulanylmaklygy iki usulda amala aşyrylýar. Bularyň birinjisi ýokarda-da aýdylyp geçişimiz ýaly prosesini klinker öndürme stadiýasynda ulanylmalydyr. Ikinjisi bolsa sement öndürme stadiýasynda goşmaça madda hökmünde ulanylmalydyr.

Esasy kremniý we kremniý oksidli önümler:

- Kremniý oksidini saklaýan gum
- Kalsiý silikaty
- Diatoma topragy
- Şlaklar
- Traslar
- Pussolan topraklar
- Uçýan kül

Köplenç tebigy we emeli usulda alynýan bu maddalar, sement

önümçiliginde goşmaça maddalar hökmünde ulanylýar.

## 1.6.Demir we demir oksidli önümler

Demir magdanyny almak üçin ulanylýan çig mallara demir magdany diýilýär. Demir magdanlary oksidlerden, sulfidlerdenm sulfatlardan we karbonatlardan emele gelýär. Zerur bolan klinkeriň himiki düzümini emele getirýän çig materialyň içinde ýeterlik mukdarda  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  saklanmaýan bolsa, onda çig materiala gerek mukdarda demir magdany ýa-da onuň ýerini tutup bilýän demir önümleri goşulýar. Kăbir sement görnüşlerini öndürmek üçin we köplenç proses pursatyndaky bişmekligi optimallaşdyrmak üçin çig mallara özünde demir saklaýan maddalar goşulýar. Sebäbi,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  maddasy suwuklyk (likid) fazanyň möçberini köpeldýär we bişmekligi aňsatlaşdyrýar. Bu maddanyň ýylylygy tygşytlamakda hem uly ähmiýeti bardyr. Tebigatda iň köp saklanýan demir magdanlary; Gematit we ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) limonit ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) we siderit ( $\text{FeCO}_3$ )-dir. Gematit we limonit sement önümçiliginde ulanylýan demir magdanlarydyr. Beýleki iki magdan bolsa, bişme pursatynda islenen agzalary emele getirip bilmeýändikleri üçin ulanylmaýar.

Esasy demir magdanlary we önümleri:

- Demir magdanlary
- Demir külkesi
- Demir oksid
- Demirli şlak
- Pirit küli

Bulardan iň köp ulanylýany düzüminde  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mukdary köp bolan we

senagatda piritler gowrulanda emele gelýän we goşmaça önüm bolan pirit külüdir.

## 1.7.Ýangyçlar we ýangyç önümleri

Içki gurluşlarynda ýeterlik mukdarda organiki birleşmeleri saklaýan, tebigy ýagdaýda ýa-da käbir üýtgetmelerden soň ýangyç hökmünde ulanyp bolýan gaýalyklara mineral ýangyçlar diýilýär. Mineral ýangyçlar organiki esasly bolup, düzümlerinde belli gatnaşyk mukdarlarynda C, H, O we N elementlerini saklarlar.

Esasy ýangyçlar we ýangyç önümleri:

- Kömür
- Bitumly toýunly slanes we bitumly aspid slanesi
- Nebit
- Asfaltit
- Tebigy gaz

Bularyň emele gelşi we häsiýetleri barada gysgaça maglumat bersek:

*Kömür:* Howadaky kislorod bilen gönümel ýanyp bilýään, düzümlerinde 55- 95% aralygynda erkin ýa-da birleşme şekilinde uglerod (C) saklaýan organiki kökenli gaýalyklardyr. Umuman gury wagty 50% möçberinde ýanyp bilýän uglewodorodlary saklaýan gaýalar kömür hökmünde kabul ediler. Ýananyndan soň dürli mukdarda we düzümdäki kül galdyralar.

Kömürleşme ewolýusiýasynyň torf fazyndan başlandygy, ýumşak ligint, gaty ligint, daş kömüri we antrasit stadiýalaryndan geçeninden soň grafit bilen tamamlanandygy kabul edilýär. Kömürleşme hadysasy; bir ösümlük toplumynyň fiziki, himiki we biohimiki täsirleşmä sezewar bolup kömüre öwürilmeginden ybaratdyr. Umuman kömürleşme hadysasynda bir tarapdan ugleroda baglaşmaklyklyk bolup geçýän bolsa, beýleki tarapdan bolsa kislorod ýitgisi emele geler. Bu hadysa bolup

Bu hadysa bolup geçýän wagty kislorod, suw we kömürturşy gazy emele geler, wodorod bolsa uglerod bilen



birleşip metany (CH) emele getirir. Kömürleriň ewolýusiýasynda ösümlik galyndylarynyň jynsy, çökme sredasy, wagt, ýylylyk, statiki basyş, dinamiki basyş we metamorfizma ýaly esasy faktorlar rol oýnaýar. Bu faktorlar bolsa kömürleriň fiziki, himiki we petrografiki häsiýetlerini neýjede bolsa ýangyç hökmünde hilini emele getirir. Sement öndürme prosesinde ýangyjyň hili; ýylylyk bahasy, uçýan madda mukdary we külüň düzümi bilen kesgitlener.

*Bitumly toýunly slanes we bitumly aspid slanesi:* gatlahtly we toýunly bir esasy mineral gaýanyň içine zorlyk bilen giren (emprenýe bolan) köp mukdardaky organiki maddalaryň emele getiren mineral gaýalyklarydyr. Kömüre görä uglerod mukdary az, emma içinde saklaýan mineral madda mukdary köpdür.

*Nebit:* kadaly şertlerde suwuk ýagdaýda bolup himiki taýdan dürli zynjyrlardan emele gelen uglewodorodlaryň çylşyrymly birleşmesidir. Çökme pursatynda palçyga garylan jandarlaryň galyndylaryndan geologiki wagtyň dowamynda, ýylylyk we basyşyň täsiri bilen nebit emele geler. Gysylan çöketikden ownuk damjajyklar ýagdaýynda süzülip gaýanyň boş gözenegine barar we şol ýerde saklanar (suwuň moçalkanyň gözeneklerini doldurşy ýaly).

*Asfaltit:* nebitiň tebigatda gaty ýagdaýda saklanýan görnüşine asfaltit ýa-da gudron diýilýär. Ýeriň ýüzüne çykan nebitiň, uçýan birleşmeleriniň uçup, galan böleginiň okislenmegi we polimerizasiýa netijesinde emele gelendir. Asfaltit nebitiň gaty ýagdaýda saklanýan görnüşi bolup, köplenç gözenekli bir gaýanyň (gum daşy, hek daşy, dolomit) içinde saklanar.

*Tebigy gaz:* dürli geologiki formasiýalaryň içinde saklanýan we gözenek gurluşly gaýalaryň jaýryklaryny we boş ýerlerini dolduran we köplenç nebitiň emele gelen ýerlerinde saklanýan uçýan uglewodorod (metan, etan propan, butan w.b.) gazlaryndan emele gelendir. Ýeriň astynda emele gelen nebit, emele gelen ýerinde durmaz, ol laýyk häsiýetli gaýalyklara

göçüp barar. Şeýle hem olar tebigy gazy hem öz içlerinde saklap bilýärler. Şu babatda nebit, tebigy gaz we suwuň arasynda agyrylyk sebäpli bir ýerleşme tertibi bardyr. Uçýan we ýeňil bolan tebigy gaz iň ýokarda, onuň aşagynda nebit we iň aşakda bolsa suw ýerleşýär (saklanýar). Nebitiň we tebigy gazyň emele gelmegine mümkinçilik döredýän gaýa “baş gaýa”, ýygnanmagynyň üpjün edýän gaýa “rezwuwar gaýa” we ýeriň üstüne çykmagynyň böwetleýän geçiriji bolmadyk gaýa bolsa “gapak gaýa” diýilýär. Amatly sredalarda emele gelen tebigy gaz rezwuwar gaýanyň içinde saklanýar. Her wagt, tebigy gaz bilen nebit bilelikde saklanman biler. Bu ýagdaýda nebit suwuklyk faza hökmünde amatly (laýyk gelýän) bir formasiýa tarap göçer, gaz bolsa gabalan ýagdaýda hem saklanyp biler ýa-da nebitiň gurluşyna görä göçmeklige laýyk gelýänligi sebäpli ol hem göçüp başga bir rezwuwar gaýanyň içinde saklanyp biler. Mundan başga-da käbir gazlar nebit esasy bolman, kömür (lignit we daş kömüri) esasy hem bolup biler.

## 1.8.Gips

Gips çig material hökmünde klinkeriň içine girmeyär emma aralyk önüm bolan klinkere 3-5% mukdarynda (standartlarda rugsat berilýän  $\text{SO}_3$  mukdarynda) goşulyp sement önümçiliginde ulanylýar.

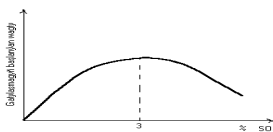
Klinker, gips goşulmazdan üwelip suw bilen täsirleşdirilende  $\text{C}_3\text{A}$  (üç kalsiý silikat) çalt reaksiýa girer (gidratasiýa sezewar bolar) we  $\text{C}_3\text{A}$  –iň kem-kemden işe gatnaşmagy bilen ýylylykda kesgitli bir ýokarlanma ýüze çykar we gatylaşmaklygyň yz ýanyndan doňmaklyk emele geler. Muňa “birden doňma” diýilýär. Munuň önümini almak we gatylaşma reaksiýa gözegçilik astyna almak üçin sement standartlarda bellenen  $\text{SO}_3$  mukdaryny aşmazlyk şerti bilen sementiň häsiýetlerine görä gips goşulýar.

Gips  $\text{C}_3\text{A}$  (üç kalsiý alýuminat) bilen reaksiýa girip gidratasiýa ýylylygynyň birden ýokarlanmagyny gözegçilik

astyna alar, netijede birden gatylaşmaklygyň öňüni alar, has dogrusy gatylaşmaklygy belli mukdar giň wagt aralygynda paýlar.

Gipsiň köp mukdary-da az mukdary-da zyýanlydyr (1-nji surata seret). Gips gerekli mukdardan az bolanda, birden gatylaşma hadysasyny gözegçilige astyna alyp bilmez. Gipsiň mukdary köp bolanda bolsa  $C_3A$ -nyň gips bilen birleşip emele getirýän birleşmesi (etrengit-kalsiý sulfo alýuminat) gysga wagtda doýgulyga ýetip çöküp başlar we onuň yz ýanyndan  $C_3A$  gidrat çökündisi emele gelip başlar. Netijede gatylaşmaklyk kadaly ýagdaýa görä has ir başlar. Şonuň üçin sementiň düzümindäki  $SO_3$  mukdary standartlarda 3-4% bilen çäklendirilendir.

Iş ýüzünde goşulmaly gipsiň mukdary, hem  $C_3A$  gidratasiýasyny gözegçilik astyna alyp biljek, hem-de ýalandan doňmaklygyň öňüni alyp biljek, ýagny bu iki faktory deňagramlaşdyryp biljek bir mukdar bolmalydyr. Aşakdaky 1-nji suratda.  $SO_3$ -iň prosent mukdary gatylaşmaklygyň başlanýan wagty görkezilen.



1-nji Surat.  $SO_3$  prosent mukdary-gatylaşmaklygyň başlanýan wagty

## 1.9. Goşmaça maddalar

Sement önümçiliginde çykdaýjylary azaltmak, artykmaç maddalary gaýtadan ulanmak, tebigy çeşmäniň ulanylyşyny has gazançly we gözegçilikli ýagdaýa getirmek we tebigaty goramak maksady bilen semente goşulýan we köplenç pussolaniki aktiwligi eýe bolan tebigy we emeli maddalara goşmaça maddalar dişilýär. Bu goşmaça maddalar iki maksat

bilen ulanylýar, ýagny *mineral goşmaça* maddalar hem-de *himiki goşmaça* maddalar.

Mineral goşmaça maddalar bular: özbaşyna birleşdirijilik häsiýeti gaty gowşak bolan ýa-da bu häsiýeti hiç-hili bolmadyk, emma (tebigy gurluşlary sebäpli ýa-da üwelmekleri netijesinde) gaty ownuk bölekleri bolmalary sebäpli, çygly sreda-da we kadaly temperaturada kalsiý gidroksidi  $\text{Ca(OH)}_2$  bilen himiki reaksiýa girenlerinde, birleşdirijilik häsiýete eýe bolýan, suwda dargap eremeýän durnukly agzalaryň emele gelmegini üpjün edýän kremniý oksitli ýa-da kremnili we alýuminili maddalardyr.

Himiki goşmaça maddalar, sementiň öndürilijligini we häsiýetlerini kämilleşdirmek üçin semente goşulýan maddalardyr. Bular esasan gatylaşmany gijikdirýän, ýa-da gatylaşmany çaltlandyrýan akma ukybyny artdyrýan, sürtülme sebäpli ýüze çykýan elektiklenmegi azaldýan we üwemekligi aňsatlaşdyrýan himiki maddalardyr. Ýagny tuluşmany we gatylaşmany çaltlandyrýan  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{HCl}$ . Gatylaşmagy haýýalladýan gips ( $\text{CaSO}_4$ ) ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  gowşak ergini.

Tebigy pussolanlar, köplenç sementiň gurluşyna laýyk gelýän himiki we mineralogiki düzümlü wulkaniki esasy maddalar ýa-da çökündi gaýalardyr. Bulara trasy we pempzany mysal getirip bileris. Tras, kremniý oksitli we alýuminaly minerallary saklaýan wulkaniki bir maddadyr.

Wulkaniki külleriň gurluşynda bar bolşy ýaly içinde-de kremniý oksidi we alýuminiý saklaýan, söndürilen hek we suw bilen kadaly temperaturada birleşende, birleşdirip bilijilik häsiýetine eýe bolýan ähli maddalara umumy at bolan “pussolan” ady berilýär we bu häsiýete hem “ pussolaniki aktiwlik ” diýilýär.

Pussolanlar takmynan 200 ýyl mundan ozal, gadymy Rimliler tarapyndan ulanylyp başlanypdyr. Häzirki Italiýada Wezuwyý wulkanynyň eteklerindäki Pozzuoli obasynda wulkaniki külleriň suw we söndürilen hek bilen garylarda

birleşdiriji material emele getirýändigi ilkinji gezek Rimliler tarapyndan üsti açylypdyr.

Pussolaniki aktiwligi (söndürilen hek bilen reaksiýa girip birleşdirip bilijilik häsiýetine eýe bolma ukyby) iki aýry tejribe usulyna esaslanyp kesgitlemek bolýar.

- 1) *Portland sementi bilen deňeşdirme usuly*: Portland sementi, pussolan, gum we suw ulanylyp taýynlanan garyndylaryň 28 günlük basyşa durnuklylyklary, içinde pussolan saklamaýan garyndylaryň 28 günlük basyşa durnuklylyklary bilen deňeşdiriler. “ASTM C 618”-e görä tebigy pussolanly garyndylaryň 28 günlük basyşa durnuklylyklary, pussolansyz garyndylaryň 28 günlük basyşa durnuklylyklarynyň in azyndan 70%-i möçberinde bolmalydyr. Pussolan hökmünde uçýan kül ulanylanda bu baha azyndan 75% möçberinde berilýär.
- 2) *Hek ulanma usuly*: Bu usulda pussolan, sönen hek, gum we suwy ulanylyp taýynlanan garyndylaryň 7 günlük basyşa durnuklylyklary esas alynýar. “ASTM C 618”-e görä tebigy pussolanlar ýa-da uçýan küller ulanylyp tapylan baha in azyndan 5,5 N/mm<sup>2</sup> bolmalydyr. Şol bir sement önümçiliginde bir görnüşli goşmaça madda ýa-da birnäçe görnüşli goşmaça madda ulanmak mümkindir. Sementler goşulan goşmaça madda mukdaryna we kä halatlarda bolsa olaryň atlaryna görä atlandyrylýar. Käbir ýurtlaryň standartlary, ulanylýan goşmaça maddalardan başga şol bir goşmaça madda bolmazlyk we jemi goşulmaly goşmaça madda çäginini aşmazlyk şerti bilen 0-5% aralygynda az mukdarda goşmaça madda goşmaklyga rugsat berilýär.

Tebigy pussolaniki maddalary, tebigata laýyk gelýän düzümlü minerallary saklaýan gaýalar, emeli pussolanlary bolsa senagatda geçýän dürli prosesler emele getirer. Pussolanlar haýsy çeşmeden gözbaş alsalar-da esasy dürli mukdarlarda hem bolsa olarda her wagt kremniý oksidi bardyr. Peýdaly häsiýetler eýe bolan pussolanlar 40%-den 90%-e çenli SiO<sub>2</sub> maddasyny saklarlar. Hek ( CaO) mukdary köplenç gaty az,

emma aşgarlar ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ) gözden salyp bolmajak mukdarda saklanarlar. Ähli pussolanlar, reaksiýa sygymyna täsir edýän we üç topara bölünýän mineral toparlaryny özünde saklarlar:

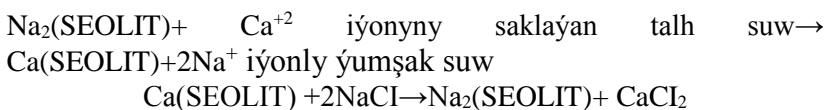
*Aktiv mineral topary:* Bular aýna fazalary (wulkaniki ýa-da emeli), opal, kremniý oksitli toprak we seolitlerden ybaratdyr.

*Artyk mineral topary:* Bular aktiv bolmadyk dolduryjy bolup hyzmat edýän kristalliki fazalardyr.

*Zyýanly (islenilmeýän) mineral topary:* Organiki we uglerod maddalary. Pussolaniki aktiwlik çeşmesi bolan aktiv mineral toparyndaky gurluşlaryň üstünde durup geçeliň.

*Aýna fazalar:* Petrografiki babatda seredilende, magmanyň ýa-da proses şertleriniň täsiri bilen gaza baý bolan materiallaryň birden doňmaklygy netijesinde aýna çalymdaş gurluşlar emele geler. Emele gelen aýna fazasynyň köplügi umuman pussolaniki aktiwligi güýçlendirýär.

*Seolitiki gurluş:* Seolitler, alýuminiý we bir ýa-da has köp metalyň alýuminiý-silikatgidrat toparlaryndan emele gelir. Bu metallar, gyzdyrylanlarynda kristalliki gurluşlaryny dargatmazdan içinde saklaýan suwy ýitirme häsiýetine eýedirler. Bular gurluşlarynda alýuminiý bilen bir hatarda bir ýa-da birden köp aşgar elementlerini saklap bilerler. Aşgar element ( $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ) saklaýan seolitler, aşgar-ýer elementlerini ( $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ) saklaýan erginler bilen gabatlaşanlarynda, aşgar-ýer elementleriniň iýonlary, aşgar elementleriniň iýonlary bilen orun çalyşma ýa-da bu hadysanyň ters häsiýetine eýedir. Bu häsiýetleri, (aşgar iýonlary berip, kalsiý we magniý iýonlaryny almaklary ýa-da bu hadysanyň tersi) talhlyy suwy ýumşatmaklyga ýagny iýon çalşyjy hökmünde ulanmaklaryny üpjün eder. Seolitiki gurluş pussolaniki aktiwligi güýçlendirir.



$\text{CaCl}_2$ -ni suw bilen bilelikde sistemanyň daşyna çykarmaklyk usuly bilen talh suw ýumşadylýar. Iň soňky himiki reaksiýanyň netijesinde bolsa seolit, natriý seolit ýagdaýyna ýagny başlangyçdaky ýagdaýyna gaýdyp gelýär. Şeýlelik bilen seolit maddasynyň içki gurluşynda hiç hili üýtgame bolmazdan ony uzak wagtlap ulanmaklyk mümkinçiligi döreýär.

Kremniý oksitli toprak: has köp amorf (kraistallaşmadyk) silikat kristallaryny saklaýan topraklardyr. Deňiz ýa-da köl çeşmeli kremniý oksitli diatoma skeletleriniň çökündilerinden emele gelendir. Kremniý oksitli topragyň esasy agzasy opaldyr. Kremniý oksitli topraklarda köp mukdarda toýun saklanmagy sebäpli, kalsine edilende pussolaniki häsiýet taýdan ýokary derejede aktiwleşerler.

Opal: 10%-e çenli suw saklaýan kremniý oksidiniň kristallaşmadyk (amorf) bir görnüşidir. Umuman pussolanlaryň mikroskopiki gurluşlary derňelende her bir pussolanyň biri-birinden tapawutlanýan gurluşa eýe bolmagyna garamazdan, ählisiniň umumy häsiýeti, köp öýjükli gurluşly we heke garşy aktiw bolmalydyr.

### **1.9.1. Öýjükli maddalarda fiziki häsiýetler**

Udel agram, bölejik biçuwli, öýjüklilik we ownuklyk ýaly kriteriýalar, aktiwlik bilen gönümel baglanyşyklydyr. Pussolaniki maddalaryň udel agramlary  $2,3-2m8 \text{ gr/sm}^3$  aralygynda üýtgeýär. Portlandsementinde bolsa udel agram  $3,1-3,2 \text{ gr/sm}^3$  aralygyndadyr. Pussolaniki maddalar gaty köp öýjükli, çünki we gaty ownuk bölejikli gurluşa eýe bolup köp mukdarda suw saklama ukybyna eýedir. Ähli bu fiziki we himiki häsiýetler, iş ýüzünde ulanma mümkinçiliklerine we täze betonyň suw talabyna öz täsirini ýetirer we şol bir wagtda bular gatylaşan betonyň dürli häsiýetlerine täsir edýän gaty möhüm faktorlardyr.

Bu ýagdaýda mineral goşmaça maddalar, tebigy we emeli görnüşli topara bölüner.

### **1.9.2. Tebigy mineral goşmaça maddalar**

Geologiki döwürlerde tebigat şertleriniň täsiri bilen pussolaniki aktiwligi ýüze çykaryp biljek ýagdaýa gelen we gelip çykyşy nähili bolsa bolsun ähli maddalara tebigy mineral goşmaça maddalar diýilýär. Bular:

Wulkaniki esasly tebigy mineral goşmaça maddalar.

Bulara esasan; Italiýa pussolanlary, Santorin topragy (Gresiýa), Nemes traslary we Amerika pussolanlary degişlidir. Bularyň nähili emele gelýändigleri barada durup geçeliň.

Wulkanlaryň partlamagy netijesinde ýeriň ýüzüne ilki bilen gazlar, soňra suw bugy, soňra ýeňil materiallar we iň soňunda bolsa agyr suwuklyklar çykar. Wulkanyň agzy (krater) açylanda basyş we ýylylyk arkaly çökündi material eräp, ilkinji material bilen bilelikde has alyslara ýaýraýar. 60-80% aralygynda silikatlardan emele gelen magmatiki ýeňil material ýokary ýylylykda bilelikde äkiden çökündi materialyň içindäki  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  we  $CaO$  birleşmeleri bilen birleşip pussolan minerallaryny emele getirir. Wulkaniki hereketiň bolup geçýän ýerine baglylykda 55-80%  $SiO_2$  saklaýan bu maddalar beýleki agzalaryň mukdaryna görä gymmatlylyk gazanar. Bu gymmatlylyk kremniý oksidiniň aktiwligine görä artar. Pussolanyň gymmaty näçe ýokary bolsa, semente (klinkere) birleşmeleri babatynda şonçada ýakyndyr, netijede goşmaça madda hökmünde has oňat netije berjekdigi mälimdir. Munuň üçin zerur bolan şertler:

-Gyzdyрма ýitgisiniň bolmazlygy ýa-da gaty az bolmagy. Bu bolsa ähli kalsiý karbonatynyň ýeterlik temperaturada kalsine bolandygyny görkezەر.

- $CaO$ -yň erkin ýagdaýda bolman eýsem beýleki birleşmeler bilen mineral emele getiren ýagdaýda bolmalydyr. Munuň üçin bolsa magma iň bolmanda  $1200^0$  C temperaturada bolmalydyr.



- $\text{Al}_2\text{O}_3$  we  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mukdarlary belli derejä çenli ýokary bolmalydyr.
- $1200^\circ\text{C}$  temperaturada beýleki birleşmeler bilen mineral emele getirmek şerti bilen  $\text{CaO}$  mukdary hem belli derejä çenli ýokary bolmalydyr.

Wulkaniki pussolanlary emele getiren magma görnüşleriniň-de pussolanlaryň hiline bolan täsiri uludyr. Wulkaniki pussolanlary emele getiren esasy magma toparlary aşakdakylardyr.

- Riolit-Granit topary

65-80%  $\text{SiO}_2$ , 15-20 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 1-3 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 1-2 %  $\text{MgO}$  we 5% aşgarlardan emele gelir.

-Trakit kianitleri

55-65%  $\text{SiO}_2$ , 12-15%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 1-3 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 1-2 %  $\text{MgO}$  we 7-12% aşgarlardan emele gelir.

-Fenolit-nefelin-kianit topary

50-60%  $\text{SiO}_2$ , 18-22%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 1-3 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 1-2 %  $\text{MgO}$  we 10-15% aşgarlardan emele gelir.

-Dazit-Kwars-Diorit topary

60-70%  $\text{SiO}_2$ , 12-15%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 1-3 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 4-7 % aşgar we 2-4%  $\text{CaO}$  hekden emele gelir.

-Andezit-Diorit topary

50-65%  $\text{SiO}_2$ , 15-18%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 4-9 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 2-7 %  $\text{MgO}$ , 5-8 aşgar we 3-8%  $\text{CaO}$  hekden emele gelir.

-Bazaltiki –Gabro topary

40-55%  $\text{SiO}_2$ , 16-20 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 6-15 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 5-10 %  $\text{MgO}$ , 3-6 aşgar we 6-12%  $\text{CaO}$  hekden emele gelir.

Ýokaeky magma toparlary derňelende iň oňat pussolany bazalit maddalarynyň emele getirýändigini aýdyňdyr. Sebäbi bu magma toparynda saklanýan hek ( $\text{CaO}$ ) mukdary, sement gurluşy üçin amatlydygy sebäpli iň köp birleşme emele getirer.

30%-den az  $\text{SiO}_2$  saklaýan magmatiki daşlara, ultraesasy,

30-50% aralygynda  $\text{SiO}_2$  saklaýan magmatiki daşlara, esasly,

50-80% aralygynda  $\text{SiO}_2$  saklaýan magmatiki daşlara bolsa kislotalykly daşlar diýilýär.

Wulkaniki esasly bolmadyk tebigy mineral goşmaça maddalar

Tebigatda saklanýan kremniý oksitli topraklar we kremniý oksitli gaýalar bulara mysal bolup biler.

Emeli mineral goşmaça maddalar.

Umuman ýylylyk arkaly işlenilip, sementiň gurluşyna laýyk gelýän himiki we mineral düzümlü ýagdaýa gelip aktiwleşen maddalardyr. Bular senagat prosesleriniň artyklary ýa-da goşmaça alynýan önümlerdir. Bularyň esasylyry:

*Kalsine edilen toýunlar:* Pussolaniki aktiwlige eýe bolmadyk toýunlar,  $300^0\text{ C}$  we  $500^0\text{ C}$  aralykda temperaturalarda gyzdyrylyp aktiw ýagdaýa getirip bolýan maddalardyr. Gyzdyrylmazyndan öň deňölçegli gurluşly agzalýan toýunlar, düzümlerindäki suwy ýitirip kristalliki gurluşlary dargap, kremniý oksidi we alýuminiý oksidi biçüwsiz bir halda ýa-da hiç bolmanda, möhüm deňölçegsiz gurluş bilen häsiýetlendirilen bir ýagdaýda saklanarlar. Bu ýagdaýda madda, has-da reaktiwdir. Aktiwlendirilmeli madda görä gyzdyrylma temperaturasyny üns bilen saýlap almak zerurdyr.

*Uçýan küller:* Külke ýagdaýyna getirilen, ýeriň aşagynda galyp daşa öwrülen jandarlaryň we ösümlikleriň galyndylaryndan emele gelen ýangyçlar, (asfaltly kömürler, lignit) ýylylyk stansiýalarynda ýakylanda, ýetilen iň ýokary ýylylyklaryň yz ýanyndan sowadylmaklary netijesinde erän haldaky bölejikler aýnypisint gurluşa öwürülerler. Bular özünde saklaýan aýna fazasy sebäpli pussolaniki aktiwlik ýüze çykararlar.

*Latun gabygynyň küli:* Latun gabyklary peçlerde ýeterlik temperaturada ýakylyp, ownuk üwelenden soň

biçüwsiz kremniý oksidini saklaýan we pussolaniki aktiwligi ýokary bolan bir kül emele gelýär.

*Şlak:* Suw arkaly söndürilýän magdan eretme peçlerinde emele gelýän şlak, sementiniň himiki we mineralogiki gurluşyna kybapdaş bolmagy sebäpli goşmaça madda hökmünde amatly (ideal) pussolandyr. Bulara domna peçleriniň şlaklary mysal bolup biler.

### **1.9.3. Pussolan goşundyly sementler we betonlaryň umumy häsiýetleri**

-Goşundyly sementler näçe oňnuk üwelseler şonça-da ulanyşlary amatly bolýar.

- Goşundyly sementler bilen taýynlanan blok we betonlarda mehaniki durnuklylyk zerur bolsa, onda olaryň çalt we wagtyndan oň guramagynyň oňünü almak gerekdir.
- Gidratasiýa ýylylygy: goşundyly sementleriň gidratasiýa ýylylyklary, gabat gelýän portland sementleriniň gidratasiýa ýylylyklaryndan has pesdir. Goşundyly mukdary 30-40% bolanda, gidratasiýa ýylylygy 20% mukdaryna çenli peselip bilýär. Goşundyly sementler bu häsiýetleri sebäpli, uly göwrümlü betonlarda üstünlikli ulanylýar. Şeýlelikde gidratasiýa ýylylygy sebäpli ýüze çykýan giňelmeler bolmanlygy üçin, uly göwrümlü betonlarda jaýrylmalara gabat gelmek mümkin däl.
- Aşgar- Argera reaksiýasy: sementde saklanýan aşgar bilen beton guýlanda ulanylýan agregatlarda saklanyp bilýän aktiw silikatlar arasynda emele gelýän aşgar- agregat reaksiýasy netijesinde betonda ýüze çykýan jaýryk we haraplanmalary goşundyly

sementler ulanylyp belli mukdarda azaltmak mümkindir.

- Gatylaşma wagty: goşundyly seментlerde gatylaşma wagty, gabat gelyän portland seментine görä köpräkdir. Munuň iş ýüzünde bähbitli we bähbitsiz taraplary bardyr.
- Durnuklylyk: goşundyly seмент ulanylyp guýlan betonlaryň gysga we uzyn wagtlyk durnuklylyklary, gabat gelyän portland sementi ulanylyp guýlan betonlaryň durnuklylygyna görä has pes, uzyn wagtlyk durnuklylyklary bolsa ulanylan pussolanyň-da görnüşine baglylykda, portlan seментinden guýlan betonyň durnuklylygyna görä has ýokarydyr.
- Ýygrylma: gatylaşmanyň çalt bolup geçmegi ýygrylma we girmekligi artdyranlygyndan, goşundyly seмент ulanylyp guýlan betonlarda ýygrylma we muňa baglylykda emele gelen jaýrylmalar has az ýüze çykýar. İş ýüzünde muňa rotre, sebäp bolýan jaýryklaryna-da rotre jaýryklary diýilýär. Gurama pursatynda emele gelyän göwrüm kiçelmegi sebäpli ýüze çykýan bu ýagdaýy, goşundyly seмент ulanylyp doly aradan aýyrmak bolýar. Agzalýan göwrüm kiçelmesi betonyň içinde galan we entek baglanmadyk kalsiý gidroksidiniň  $[Ca(OH)_2]$  atmosferadan kömürturşy ( $CO_2$ ) gazyny almak bilen kalsiý karbonat ( $CaCO_3$ ) emele getirmegi sebäplidir. Çünki  $CaCO_3$ -iň birlik göwrümi, kalsiý gidroksidiniň birlik göwrüminden has kiçidir.
- Taýýarlanylş amatlylygy: goşundyly seментden garyndy taýýarlamak we beton guýmaklyk, gabat gelyän portland sementi bilen garyndy taýýarlamakdan we beton guýmaklykdan has amatlydyr. Taýýarlanylş amatlylygyny artdyrmak

üçin sement mukdaryny biraz köpeltmek gerek bolýar. Emma bu bolsa bilşimiz ýaly durnuklylygy peseldýär.

### 1.10. Portlandsementiň himiki düzümi

Portlandsement önümçiligi üçin ulanylýan hek daşy esasan iki oksitden  $\text{CaO}$  we  $\text{CO}_2$ -den ybarat, toýun bolsa, esasan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , oksidlerinden ybarat bolup dürli minerallary saklaýar. Çig mal garyndynyň ýanma prosesinde  $\text{CO}_2$  ýityýar, galan  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  we  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oksidleri klinker minerallaryny emele getirýär.

Portlandsement klinkeriniň esasy komponentleri  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oksidleriniň jemi klinker massasynyň 95-97%-ni tutýar. Şol oksidlerden başgada ulanylýan çig malyň görnüşine baglylykda klinkeriniň düzüminde hemişe köp bolmadyk mukdarda  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_5$  we ş.m. saklanýar.

Adaty klinkerde aýratyn oksidleriniň mukdary şu çäklerde bolup geçýär: Sement öndürmek üçin gerek bolan kalsiý, alýuminiý we demir oksidlerinden ybarat bolan çig mallaryň belli bir göterimi kesgitlenen. Portlandsement klinkeriniň düzümini tebigatda ýerleşen tak bir çig mal bilen düzmek mümkin däl

(tabl.1.).

Oksidler, %								
$\text{CaO}$	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{MgO}$	$\text{SO}_3$	$\text{R}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$
63-66	21-24	4-8	2-4	0,5-5,0	0,3-1,0	0,4-1,0	0,2-0,5	0,1

Şonuň üçin hek daşy bilen mergel ýa-da toýuna gerek bolsa düzediji maddalar goşulyp işlenen birleşme emele getirilýär. Eger-de öndürmek islenen klinkerde  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ýeterlik bolmasa demirli maddalar,  $\text{SiO}_2$  ýetersiz mukdarda bolsa kremnili maddalar,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ýetersiz mukdarda bolsa alýuminili maddalar (boksit ýaly) düzüminde bolan goşmaçalar düzediji çig mal hökmünde ulanylýar.

Portlandsementi goşundysyz ýa-da aktiw mineral goşundyly çykaryp bolýar (sementiň massasynyň 15 % -a çenli) sementiň esasy özboluşlylygy klinkeriň hiline bagly: ýagny onuň köpelmesiniň tizligine we berkligine hem-de çydamlylygyna we dürli ekspluatasion şertlerde durnuklylygyna. Klinkeriň hili bolsa onuň himiki we mineralogiki düzümine bagly. Portlandsementde kalsiý oksidiniň köp saklanmasy (onuň kislota oksidleri bilen himiki birleşmä baglanyşmasy hökmany şertdir) portlandsementiň gatama tizligini, ýokary berkligini ýokarlandyrýar, ýöne suwadurnuklylygyny birneme peseldýär. Kremnezýomyň birneme köp saklanmagy sementiň gatama möhletini haýalladýar, şeýle sementler suwa gowy durnuklylygy bilen tapawutlanýar.

$\text{Al}_2\text{O}_3$ -iň köp saklanmasy birinji möhletde sementiň çalt gatamasyna getirýär, ýöne sementiň suwa durnuklylygy, sulfatadurnuklylygy we doňadurnuklylygy peselýär. Demir oksidi klinkeriň tutluşma temperaturasyny peseldýär we sementiň sulfat suwlaryň täsirine durnuklylygyny ýokarlandyrýar. Egerde düzüminde  $\text{CaO}$  köp bolsa onda tiz gataýan berkligi ýokary bolan portlandsement alynýar. Ýöne şol bir wagtda materialyň sowuga we sulfata durnuklylygy peselýär. Ýokary hilli klinkeri almagyň hökmany şertleriniň biri hem  $\text{CaO}$ -ň kislota oksidleri bilen doly baglanyşmagydyr. Baglanyşmadyk (erkin) görnüşde galan  $\text{CaO}$  klinkeriň hilini peseltýär. Standartyň talabyna laýyklykda erkin  $\text{CaO}$  mukdary 2%-den geçmeli däl.

Portlandsement klinkerde esasy oksidlerden başga-da beýlekiler hem bolup biler: magniý oksidi  $MgO$ , şeýlede aşgar oksidleri  $K_2O$  we  $Na_2O$ , olar sementiň hilini peseldýär.  $1500^{\circ}C$ -da ýakylan  $MgO$ -i suw bilen täsirleşende haýal garylýar we eýýäm gatan erginde ýa-da betonda jaýryklaryň döremegine getirýär.

Sanalan oksidler klinkerde erkin görnüşde bolmaýar, olar kristallik strukturaly minerallar görnüşinde kalsiýalýumoferritlritini we alýuminatlaryny silikatlary emele getirýär we onuň bir bölegi aýnagörnüş fazanyň birleşmelerine girýär.

Klinkeriň kesgitlemesi.

Türkmen standartlarynda, portland sementiniň klinkeri aşakdaky ýaly kesgitlenýär. "Portlan Sementi Klinkeri, hek daşy, toýun ýa-da mergeliň zerur bolan ýagdaýynda kremniý oksitli gum, demir magdany ýaly çig mallaryň klinkeriň mineralogiki düzümini emele getirip biljek mukdarda garylyp üwelmegi we iň az sinterleşme derejesine çenli bişirilmegi bilen alynýan önümdir".

Klinker, hekiň ( $CaO$ ), kremniý oksit ( $SiO_2$ ), demir oksit ( $Fe_2O_3$ ) we alýuminiý oksit ( $Al_2O_3$ ) saklaýan maddalar bilen bişirilmegi netijesinde alynýan we reňki içinde bar bolan tetra kalsiý alýumino ferrit ( $C_4AF$ ) mukdaryna görä agymtyl ýaşyldan çalymlyk gara reňklerde bir maddadyr. Ýagny klinkere reňk berýän  $C_5AF$  agzasy bolup, onuň mukdary artdykça reňki goýulaşýar.

### 1.10.1. Portlandsementiň esasy minerallary

Klinkeriň agzalary.

Esasy 4 baş agza bilen jemi 2-6% mukdarynda ikinji birleşmelerden emele gelen klinker, sap birleşmelerden däl-de, garyşyk kristaliki fazalardan emele gelendir. Baş agzalar:

Üçkalsilisilikat  $3CaO \cdot SiO_2$  .....  $C_3S$  (alit)

Ikikalsilisilikat  $2CaO \cdot SiO_2$  .....  $C_2S$  (belit)

Üşkalsilialýuminat  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \dots \dots \text{C}_3\text{A}$  (gelit)

Dörtkalsilialýumoferrit  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \dots \text{C}_4\text{AF}$

Bu minerallaryň portlandsement klinkerinde saklanmasy şu çäklerde (%) bolýar.

$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  -----45-60 (alit)

$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -----15-35 (belit)

$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ -----4-14

$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ -----10-18

Alityň we belityň jemi saklanmasy köplenç 70-80%, ýagny portlandsement klinkerde kalsiýsilikaty köp. Esasy minerallardan başga-da onda az mukdarda kalsiýalýuminatlary we alýumoferritleri hem bar –  $5\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $8\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  şeýlede kalsiniň ferrity  $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  klinkerde kristallik faza bilen bir hatarda aýna (6-10%) az mukdarda (4%-den köp bolmadyk) magniniň oksidi, käwagtlar heki doly özleşdirip ýetişmediginiň netijesi hökmünde erkin CaO-i (1%-e çenli) bar. Çig mal garyndy dogry hasaplanan, gowy taýýarlanan we ýakylan klinkerde CaO bolmaly däl.

### 1.10.2. Portlandsementin minerallarynyň häsiýetleri

#### *Üç Kalsiý Silikat.*

$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  himiki formulasy we sement önümçiliginde  $\text{C}_3\text{S}$  belgisi bilen görkezilýär. "Alit" diýip atlandyrylýan tri kalsiý silikat reňsiz bir agzadyr.

Alit, klinkeriň baş agzasy bolup, sementin durnuklylygy babatynda gaty möhüm orna eýedir. Gyzylyň gymmaty onuň probasy bilen aňladylýan bolsa, sementin hem gymmaty onuň özünde saklanýan tri kalsiý silikat: (alit) mukdary bilen aňladylýar.

Klinkeriň hili diňe bir alitiň mukdaryna bagly bolman eýsem şol bir wagtda alitiň kristaliki gurluşyna hem baglydyr.

- Çig mal garyndysynyň himiki we fiziki düzümi
- Hek doýgunlyk derejesi (hek standardy)
- Bişen klinkeriň sowatma tizligi we sowatma görnüşi



- d) Peçdäki bişme temperaturasy we wagty
- e) Silikat modulynyň täsiri
- f) Alýuminiý modulynyň täsiri

Çig mal garyndysynyň himiki düzümi, klinkeriň minerologiki gurluşygyny döretmäge laýyk gelýän bolmalydyr. Mondan başga-da fiziki taýdan-da garyndynyň udel üstüniň köp bolmagy we ýokary derejede gomogon bolmagy sintez reaksiýalarynyň tizligini ýokarlandyrýar we netijede köp mukdarda alit emele geler.

Erkin hekiň hemişelik baharlaryna taý gelýän, ýokarlanan hek doýgunlyk bahasy, behitiň azalmagyna alit mukdarynyň bolsa köpelmegine sebäp bolýar. Klinkeriň sowadylmagy, onuň mineralogiki gurluşyny epesli öýtgedýär. Çalt we täsirli bir sowatma klinkeriň  $C_3S$  (alit) mukdaryny esli artdyryşy ýaly, alitiň kristal ölçeglerini-de şol möçberde kiçelder. Şol bir klinkerde geçirilen derňewde dürli sowatma ýagdaýyna görä aşakda berilen mukdarlarda  $C_3S$  (alit) emele gelendir.

Haýal sowadalynda	59.8% $C_3S$
Ortaça çaltlykda sowadylanda	65.2% $C_3S$
Çalt sowadylanda	70.0% $C_3S$

Klinker bişirilende we işlenen klinker minerallarynyň emele gelmeginde laýyk gelýän bişme temperaturasy, bişme wagtyndan has täsirlidir. Ýokary bişme temperaturalarynda (mysal üçin  $1600^{\circ}C$ -da) suuwuklyk fazanyň şepdeşikli azalyp, reaksiýa giren iýonlaryň herekt etme ukyplary artýanlygyndan has uly alit kristllary emele geler. Bişme wagtynyň artmagy-da uly kristallarynyň emele gelmegini üpjün eder. Zerur bolmadyk kristal-ulanmalarynyň önümi almak üçin, laýyk gelýän we gerekli bişme temperaturasy, pejiň bişme bölüminiň gysgaldylmagy, ýagny bişme wagtynyň mümkin boldugyça gysgaldylmagy we talap edilýän bişme işini amala aşyrmak gerekdir.

$C_3S$  (alit)  $1200^{\circ}C$  we  $1700^{\circ}C$  aralygynda durnukly bir klinker agzasy bolmagy sebäpli eger klinker  $1700^{\circ}C$ -dan temperaturada gyzdyrly;

$C_3S \rightarrow C_2S + CaO$  (erkin) emele getirip dargar.

Mundan başga-da haýal sowadylýan bir klinker  $C_3S$ ,  $C_2S$  we  $CaO$ -ne dargar.

Alit kristallarynyň ölçegi diňe bir üweme çykdaýjylaryna täsirini ýetirmän (uly kristallary kiçeltmek üçin köp energiýa sarp etmek gerekdir), eýsem sementiň durnuklylygyna hem täsirini ýetirýär. Gidراسيýا üçin has uly üst emele getirýänligi sebäpli şol bir himiki düzümlü iki sementden, alit kristal ölçegi has kiçi bolanyň durnuklylygynyň has ýokary bolýanlygy mälimdir.

Himiki düzümi bir, emma alit kristalynyň diametri dürli sementleri durnuklylyklary tapawutlydyr; alit kristan diametri 40 mikron bolan sementiň 7 günlük durnuklylygyny 28 N/mm<sup>2</sup> bolýan bolsa, alyt kristal diametri 15 mikron bolan sementiň 7 günlük durnuklylygy 39 N/mm<sup>2</sup>-dyr.

Silikat moduly =  $\frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$  -nyň möhüm täsiri,

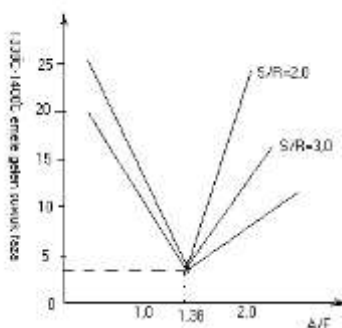
klinkerleşme pursatynda suwuklyk fazasynyň mukdaryna bolan täsiridir. Silikat moduly pes bolan suwuk fazasynyň mukdary ýokary, ýokary bolanda bolsa suwuk faza mukdary azdyr. Silikat modulyny ýokarlandyryp suwuk faza mukdary azaldylmaly bolsa, silikatlaryň mukdary artar we hemişelik hek doýgunlyk derejesi üçin bu, alit mukdarynyň artmagy diýmekdir. Alýuminiý modulyna  $\left( \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} \right)$  baglylykda emele

gelen suwuk faza mukdary, bişme prosessiniň we netijede emele gelen klinkeriň hiline edýän täsiri örän möhümdir. Suwuk fazasynyň emele gelme tizligi alýuminiý modulynyň (A/F)-nyň 1,38 bahasynda iň az bolup, bu bahanyň üýtgemegi bilen ýokarlanýar (2-nji surata serediň).

1-nji tablisada bir aýlanýan pejiň hakyky klinker analizlerinden alynan bahalar ýokardaky beýanaty doly tassyklaýar.

Netijede sementde; ALIT = HIL diýmekdir.

Aşakdaky suratda A/F gatnaşygynyň 1338<sup>0</sup>C-1400<sup>0</sup>C aralygynda silikat moduly we 95% LSF-däki täsiri görkezilen.



2-nji Surat . A/F gatnaşygynyň 1338<sup>0</sup>C – 1400<sup>0</sup>C aralygynda

Silikat Moduly we 95% LSF –daky täsiri

A/F-ň 1,38 bahasynda suwuk faza emele gelşi azdyr.

A/F-ň bahasynyň üýtgemegi bilen suwuk fazasynyň emele geliş tizligi ýokarlanýar.

2-nji tabl: Bir aýlanýan pejiň hakyky klinker analizleri

Tabl.2

LSF	A/F	Ç <sub>3</sub> S	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (F)
97,10	1,36	58,61	3,81
97,09	1,35	59,20	3,85
96,25	1,40	56,17	3,78
96,27	1,27	58,36	4,23
96,92	1,33	55,89	3,99
97,00	1,19	60,48	4,34
85,80	1,37	56,15	3,81
95,76	1,38	55,65 (min)	3,89
96,06	1,41	56,40	3,77
96,09	1,35	57,28	3,94

A/F-iň 1.38 bahasynda suwuk fazasynyň emele geliş tizligi iň azdyr,

A/F-iň nahasy ýokarlandykça şol bir hek standartlarynda  $C_3S$  köpeler,

A/F-iň azaldykça şol bir hek standartynda  $C_3S$  köpeler,  $C_2S$  azalar.

#### *Iki Kalsiý Silikat.*

$CaO.SiO_2$  himiki formulaly we sement önümçiliginde  $C_2S$  belgisi bilen belgilenýär. "Beli" diýip at berilen di kalsiý silikat reňsiz bir agzadyr.

Belit alit-den has haýal gatylaşýar, emma ol wagtyň geçmegi bilen şol bir durnukylylygy ýüze çykaar. Belit-iň dürli formasiýalary bardyr. Klinker naçe çalt sowadylsa belit-iň emele geliş şol möçberde az bolan we durnukly formasiýa gazanar. Di kalsiý silikat ( $C_2S$ ) mukdary naçe köp bolsa klinkeriň öwelmegi şol möçberde kynlaşar. Şunuň ýaly klinkerden öndürilen sementiň gidratasiýa ýylylygy pes we netijede ikinji durnuklylyklary-da pes bolýar.

#### *Üç Kalsiý Alýuminat.*

$3CaO.Al_2O_3$  himiki formulaly we sement önümçiliginde  $C_3A$  belgisi bilen belgilenýär. "Celit" diýip at berilen tri kalsiý alýuminat reňksiz bir agzadyr. Klinkerde, mol hasaby boýunça  $Al_2O_3 > FeO_3$  emele geler, tersine bolanda ýagny  $Al_2O_3 < Fe_2O_3$  bolanda  $C_4AF$  emele geler. Klinkerde saklanmagy islenmeýän bir agza bolan  $C_3A$ -nyň hem gidratasiýa ýylylygy hem-de reaksiýa tizligi ýokarydyr. Bu häsiýetli sebäpli semente, özünde saklan  $C_3A$  mukdaryna görä we standartlarda rugsat berilýän çäklerde gips ( $CaSO_4.2H_2O$ ) goşular. Gips goşulmadyk ýagdaýynda, bar bolan  $C_3A$  sebäpli sement suw bilen garylan badyna doňar. Bu bolsa iş ýüzünde işlendmedik ýagdaýdyr.

#### *Tetra Kalsiý Alýumino Ferrit.*

$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$  himiki formulaly we sement önümçiliginde  $C_4AF$  belgisi bilen belgilenýär. Klinkeriň saklanýan  $Fe_2O_3$  mukdaryna görä  $C_4AF$  emele geler.  $C_4AF$

klinkerde islenmedik, betonyň durnuklylygynda aktiw rol oýnamaýan we peýdasyz bir agzadyr.

Mälim bolan çal portland sementiniň klinkeri reňkini ferrit agzasyndan alýar.  $C_4AF$  fazasynyň reňki köplenç çal reňkden gara reňke geçýän we ýaşylymytyk reňk bilen häsiýetlendiriler.  $C_4AF$  agzasy adaty ýagdaýda goňur reňklidir we öz içindäki  $MgO$  mukdary artdygyça, ýaşylymytyk reňkde öwsüp başlar we şoňa baka goýy gara reňke geçer.

### 1.10.3. Ikinji drejeli agzalar

Bu agzalaryň hijisiniň sementiň häsiýetlerine bolan peýdaly täsiri ýokdur. Olaryň önümde saklanmagy islenmez, emma olary aýyrmagam kyndyr we köp çykdaýjyly agzalarydyr.

*Erkin Hek (erkin  $CaO$ ).*

Klinkerdäki, netijede sementdäki erkin hek ( $CaO$ ), çig mallaryň dogry gatnaşyk mukdarda ulanylmazlygy, oňat garyşdyrylmazlygy, işlenen möçberde öwelmezligi ýa-da garyndynyň gerekli möçberde bişirilmezligi ýaly sebäplerde dörär. Erkin  $CaO$ ; hek standardy bilen bir hatarda öndürme şertleri we biziň üçin has möhüm bolan bişme derejesi hakynda maglumat berer. Klinkerde erkin  $CaO$  mukdary belli bir çägi geçmeli däldir. Standartlarda bu çäk hek giňelmegi bilen kontrollyk astyna alynandyr. Hek giňelmegi bolsa, göwrüm giňelmegi tejribesi arkaly kesgittlener.

Sementiň düzüminde erkinn  $CaO$  saklanan ýagdaýynda, sement hamyry ýa-da beton gatylaşandan soň hem, erkin hek suw bilen reaksiýa girip kalsiý gidrooksit [ $Ca(OH)_2$ ] emele getirmeklige dowam eder netijede giňelmelere ýagny göwrüm üýtgemekligine we betonyň durnuklylyk taýdan gowşamagyna sebäp bolar.

Emele gelen göwrüm giňelmesi betonda, içki dargynlyga we jaýrylmalara sebäp bolýar. Erkin hekiň sebäp bolýan giňelmäniň emele gelmegi birnäçe aýa çekip biler. Erkin kalsiý oksidiniň suw bilen birleşip kalsiý gidrooksit

emele getirmemegi bir göwrüm giňelmegine sebäp bolşy ýaly, beton gatylaşandan soň hem, suwda aşa ereme häsiýetine eýe bolan kalsiý gidrooksit suw bilen gatnaşma mümkinçiligini tapdykça, suwda eräp betonyň düzüminden aýrylyp betonyň öýjükli ýagdaýa geçmegine sebäp bolýar. Bu bolsa betony geçiriji ýagdaýa getirýär. Bu bolsa iş ýüzünde hiç wagt islenmeýän bir ýagdaýdyr.

Erkin Magniý Oksit (erkin MgO).

Käbir çig mallaryň gurluşynda  $\text{CaCO}_3$  bilen bilelikde  $\text{MgCO}_3$ -de saklanyp bilýär. Mysal üçin, dolomit ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) ýaly. Şunuň ýaly çig mal ulanylanda klinkeriň gurluşyna islenmedik MgO girýär. MgO bolsa klinkerde E, CaO ýaly hereket eder. Belli bir mukdarda (takmynan 2 %) MgO kliker fazalarynda baglanýar. Ondan artygy erkin MgO (periklaz) hökmünde saklanyp biler. Periklaz suw bilen aşakdaky reaksiýanyň netijesinde  $\text{Mg(OH)}_2$ -ä öwürüler.  $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg(OH)}_2$ , emma bu reaksiýa gaty haýal geçýänligi sebäpli, köplenç beýleki doňma reaksiýary tamamlanandan soň hem dowam eder. Beton doňanlygyndan we gatylaşanlygyndan we emele gelen  $\text{Mg(OH)}_2$  geli, MgO-dan has köp ýer tutýanlygyndan betonda giňelme sebäpli jaýryklar emele gelip biler. Erkin MgO-nyň sebäp bolýan giňelmäniň emele gelmegi birnäçe ýyla çekip biler.

*Kwars ( $\text{SiO}_2$  eremeýän kremniý oksit).*

Sement öndürilende ulanylýan çig mallaryň içindäki kremniý oksidiniň bişme şertlerinde reaksiýa girip biljek aktiw silikatlar görnüşinde bolmalydyr. Bar bolan kremniý oksidiniň kwars görnüşinde bolmagy hiç wagt işlenmez. Kwars-da " $\text{SiO}_4$ " kristallary titraedr formaly bolup, erkin baglar öz aralarynda ýaşyp, gaty berk bir kristalliki gurluş emele getirerler. Bu ýagdaýda baglar azalýanlygy sebäpli kwars-yň himiki reaksiýa girme ukyby-da azalar. Kwar-y belli mukdarda reaksiýa gatnaşdyrmak üçin, gaty ownuk üweme, ýokary temperatura we uzyn bişirme wagty gerekdir bular bolsa çykdaýjylary köpeldýän faktorlardyr. Aýlanýan pejiň režimini, netijede

klinkeriň hiline zeper berýän kwars, iýijiligi sebäpli ony üweýän enjamlaryň iýilmegini ýokarlandyryşy ýaly, eremeýän galyndylary hem artdyrýar. Bularyň hemmesi bolsa sementde islendik, çykdaýjylary köpeldýän faktorlardyr.

Aşgarlar  $K_2O$  we  $Na_2O$  esasan toýun we mergel esaslarydyr. Bu birleş meler feldspat, slýuda we illit bölejikleriniň arasynda ownuk bolejikler görnünde saklanýar. Mundan başga-da gaty ýangyçlaryň külinde-de az mukdarda saklanyp bilerler. Sementi düzümindaki  $K_2O$  we  $Na_2O$  ýaly aşgarlaryň köp mukdarda saklanmagy islenmez. Aşakda dürli aşgar birleşmeleriniň ereme temperaturalary berilendir.

KOH (Kaliý gidroksit).....	361 <sup>0</sup> C
KCl (Kaliý Hlorid).....	768 <sup>0</sup> C
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (Kaliý Korbonat).....	894 <sup>0</sup> C
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Kaliý Sulfat) .....	1074 <sup>0</sup> C
NaOH (Natriý Gidroksit) .....	319 <sup>0</sup> C
NaCl (Natriý Hlorid) .....	801 <sup>0</sup> C
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (Natriý Karbonat) ....	884 <sup>0</sup> C

Bu ýerden görüşimiz ýaly aşgar gidroksitler iň pes, aşgar sulfatlar bolsa iň ýokary ereme temperaturasyna eýedirler.

Aýlanýan peçlerde klinker öndürme prosesiniň şertlerinde netijesinde, aşgar birleşmeleriniň ählisi diýen ýaly sinter bölümüne ýetmän ýa-da sintez bölümünde bugaryp, gazlar arkaly pejiň girelgesine tarap äkidirler. Bu aşgar birleşmeleri 900<sup>0</sup>C –yň aşagyndaky gaz temperaturalarynda ýa-da dykylaşarlar ýa-da gaýtadan farin bilen reaksiýa girerler. Aýratynda gury sistemaly aýlanýan peçli kärhanalarda, aşgarlaryň bir bölegi, başlangyç gyzdýryjydan pejiň geçelge bölümlerinde emele gelen bu gapyklar kese-keseğiň daralmagyna sebäp bolup, pejiň şorus şertlerinde ýaramaz täsir edýär we pejiň dolandyryşyny kynlaşdyrýar, hat-da kä-wagt pejiň işlemegini bökdeýär. Yzygiderli emele gelen bu hadysa

«aşgar aýlanşygy» diýilýär. Siklon, girelge marasy we gaz hanalaryndaky gabyk tutulmaklygynyň oňuni almak üçin we önümçiligi kadaly dowam etdirmek üçin pejiň girelgesinden  $900^{\circ}\text{C}$ - $1000^{\circ}\text{C}$ -daky aşgar birleşmelerini saklaýan gazlaryň bir mukdaryny, netijede aşgar birleşmeleriniň bir mukdaryny bypass arkaly «aşgar aýlanşygy»-dan daşlaşdyrmak gerek bolup biler. Bu bolsa çykdaýjylary artdyrar.

Aşgar mukdary köp bolan sement, öz içinde reaktiw kremniý oksidi saklanýan agregatlar bilen bilelikde beton guýlanda ulanylsa aşgar – agreg (aşgar – kremniý oksidi) reaksiýasynyň bolup geçmeginde sebäp bolarlar. Bu reaksiýanyň netijesinde suw siňdirmе sygymy gaty ýokary bolan bir gel emele geler. Emele gelen geliň göwrümi, çig materiallaryň göwrüminden ep-esli köp bolanlygy üçin, betonyň çişip jaýrylmagyna sebäp bolarlar. Aşgar – agreg reaksiýasy gaty haýal geçýänliginden, gatylaşan betondaky bu reaksiýanyň netijesinde döreyän giňelmeler içki dartgynlyga getirer bu bolsa betonyň jaýrylmagyna sebäp bolar. Ýeterlik suw bolmadyk gury sredalarda, geliň emele gelmegi üçin ýeterlik suw ýoklugyndan aşgar – agreg reaksiýasy emele gelmez. Agzalýan bu aşgar – agreg reaksiýa aýratynda suwly sredalarda has çalt bolup geçýänliginden aşgar mukdary köp bolan sement suw gurluşyklarynda (bent kanal we ş.m.) ulanylmaly däl. Bu aşgar çägi-de agram boýunça  $\text{Na}_2\text{O}$  jensyndan (agram boýunça  $\text{Na}_2\text{O}\% + 0.659 \text{ K}_2\text{O}\%$ ) 0.6% -i geçmeli däl. Şonuň ýaly semente käbir ýurtlaryň standartlarynda «pes aşgarly sement» diýen at berylýär.

Bilşimiz ýaly beton, sement + suw + agreg agzalaryndan emele geler. Bu ýerde agreg artyk (zyňnydy) doldurma maddasy bolup, garyndy taýynlanýan pursatynda fiziki we himiki reaksiýanyň hiçisine gatnaşmaz. Betonyň oz içinde gatylaşma we doňma wagtynda ýüze çykýan hadysalar, diňe sement + suw arasynda emele geler. Sement klinkeri suw bilen galtaşandan soň gaty we berk kristallary emele getirip



agrega bolejiklerini bir-birine baglar we şol bir wagtda agrega bolejikleriniň arasyndaky boşluklary doldurar.

Agreganyň himiki we fiziki babatda berk bolmagy betynyň gurlusy üçin inňän möhümligi sebäpli, agreganyň haýsy hem bolsa bir reaksiýa girip özüniň gurluşygyny dargamagy islenmedik bir hadysadyr. Şeýle bolsada aktiw kremniý oksidini saklaýan agregalar, suwly sredalarda sementiň içindäki aşgarlar bilen himiki bir reaksiýa girip bilerler. Bu reaksiýanyň netijesinde betonda jaýryklar emele geler. Käwagyt bu jaýryklara  $\text{CO}_2$ -ni özi bilen äkidýän erginler (uglerod dioksitli suwlar) girip betonyň düzüminde saklanýan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  bilen  $\text{CaCO}_3$  emele getirerler. Bu bolsa betonda göwrüm ýygrylmagyna sebäp bolar. Yzygiderli we yzly-yzyna emele gelen giňelme we ýygrylmalaryň netijesinde agreganyň we soňra betonyň dargamagy dowam eder.

Kükürt birleşmeleri.

Kükürt adatça ähli sement çig mallarynda sulfide (pirit we narkosit) hökmünde we aýlanýan peçlerde ýakylan ýangyçlaryň içinde baglanan kükürt hokmünde saklanar.

Fariniň we ýangyçlaryň saklaýan kükürdinden ýanmaklyk we bugarmaklyk netijesinde sinter bölümünde gaz halynda  $\text{SO}_2$  (kükürt dioksit) emele geler. Emele gelen  $\text{SO}_2$  pejiň gazynda bigaran aşgar bilen kislorody ozona alyp bug halyndaky aýgar sulfata öwürüler.

Aşgar sulfat pejiň has suwuk bölümlerindäki we başlagyç gyzdyryjydaky bişmeli maddanyň üstüne çöker. Az mukdardaky aşgar sulfaty bişmeli madda bilen bilelikde sinter bölümüne gaýdyp geler we kynlyk bilen uçýanlygy sebäpli klinker bilen bilelikde peçden çykar. Klinkeriň fazalarynda orun tutan aşgar sulfatlar, sementiň ir durnuklylygyna ýardam bererler. Çünki aşgar duzlary suwda aňsatlyk bilen eräp bilýärler.

Ähli aşgarlary baglamak üçin ýeterlik mukdarda  $\text{SO}_2$  (kükürt dioksit) ýok bolan ýagdaýynda ortaça uçýjylygy eýe bolan aşgar karbonatlary ýa-da ýokary uçýjylygy eýe bolan

aşgar hloridleri aýlanşygy başlar. Klinker fazalaryna baglanyp bilmeýändiglerinden aşgar karbonatlary sinter bölümünde gaýtadan bugararlar. Emma  $\text{SO}_2$  köp bolan ýagdaýyda ol entäk başlangyç gyzdyryjyda wagty  $\text{CaSO}_3$  bilen raksiýa girer we pese  $\text{CaSO}_4$  (kalsiy sulfat) hökmünde gaýdyp geler. Sinter bölümünde täzeden dargar we pejiň gazynyň  $\text{SO}_2$  aýlanşyk mukdaryny köpelder. Bir bölegide dargamadyk  $\text{CaSO}_4$  hökmünde klinkere garylar.

Klinkeriň sulfatyny köplenç aşgar sulfatlary emele getirer. Gaty seýregem bolsa klinker sulfatlary suwsuz  $\text{CaSO}_4$  hökmünde saklanar, bu görnüşli  $\text{CaSO}_4$  gaty haýal dargaýanlygy sebäpli doňmaklygyň gijikdirilmegi babatynda örän inaktiwdir, ýagny gatylaşmaklygy gijikdiriji bolup hyzmat etmez. Köp mukdardaky kükürt bolsa, tüsse çykardan cykyan gazyň içinde  $\text{SO}_4$  mukdarynyň artmagyna, başlagyç gyzdyryjyda we aýlanýan peçde kemer halkalarynyň emele gelmegine sebäp bolar.

#### *Hloridler (Hlorid Iony Cl).*

Hloridler aýlanýan peçdäki aşgarlar bilen reaksiýa girerler, pejiň gazlary tarapyndan äkidiler we başlangyç gyzdyryjyda ýygnanýan aşgar hloridleri emele getirerler. Bular farim bilen peje gaýdyp gelerler, emma olar aşgar sulfatlardan tapawutlylykda sinter bölümünde doly bugararlar. Aşgar hloridler başlangyç gyzdyryjynyň arasynda peç durýança yzygiderli aýlanşykda bolarlar.

Bu hadysanyň önüni almak üçin aşgar bölümünde-de belläp geçişimiz ýaly pejiň ýanan gazynyň 10-25 %-lik mukdary başlangyç gyzdyryja gurmanka by – pass ediler. Tejribelere esaslanyp aýtsak farinde 0,015 % we ondan köp  $\text{Cl}_2$  bar bolsa by – pas etmek zerurdyr. Bu zerurlyk hem standartdaky hlorid çäklendirmesi üçin, hem-de aýlanýan pejiň dolandyryşy babatynda gaty möhümdir.

Sementiň içinde hloritleriň saklanmagynyň zyýanly taraplaryny aşadaky ýaly düşündirip bolar; betonyň içinde polat simleriň dartgynly ýagdaýda ýerleşen başlangyç

dartgynly beton binalarda polat materialy korroziýadan (poslamakdan) goramak örän möhümdir. Poslama ýagdaýynda polat armaturlaryň we sement simleriň üstünde emele gelen korroziýa önümleri, göwürüm boýunça ulalyp, polat bilen galtaşykda bolan betonda giňelme dörederler we betonyň jaýrylyp döwürmegine getirerler. Mundan başgada polat armaturlaryň we simleriň peýdaly kese kesik meýdanlary kiçeljekdiginden, metal materialyň götermeli ýüki has kiçi kese kesikli polat material tarapyndan götermeklik ýagdaýy dörär.

Ýagny korroziýa sebäpli kese kesegi kiçelen polat armaturlara we simlere gitdikçe has uly dartgynlyk we agram düşüp başlar, hloridler betonyň içki gurluşyna zeper ýetirmeýär, diňe onuň içinde saklanýan we binanyň ähli ýüküni göterýän polat materiallary korroziýa sezewar edip gowşadýar.

Korroziýa hadysasy birnäçe faktora bagly bolmak bilen bir hatarda, sementiň içindeki ( $\text{Cl}^-$ ) iýonyň mukdaryny çäklendirmeklik korroziýanyň döredip biljek iň möhüm faktorlardan birini aradan aýyrmaklykdyr. Türk standartlaryna görä sementiň içinde saklanyp biljek hlorid iýone ( $\text{Cl}^-$ ) mukdary iň köp 0.1% bolmalydyr.

### **1.11. Klinkerleşmek stadiýasy**

Klinkeriň bişirilme stadiýasy, gaty ownuk bölejikli we himiki düzüm taýdan tapawutlanýan dürli bölejikleriň arasyndaky bir täsirleşme yzygiderligidir. Belli bir temperatura derejelerine görä düşündirip geçiljek bu reaksiýanyň ählisi ozbaşdak bolup geçmez. Klinkerleşmekligiň emele gelýän ýylylyk aralygynda, reaksiýalar dürli bölejikleriň arasyndaky galtaşma nokatlarynda, pes ýylylykdaky eremeklik we gaty faza diffuziýasy görnüşinde bolup geçýär. Reaksiýalaryň bir bölegi suwuklyk fazada bolup geçýänligi bolsa, bir bölegi-de gaty fazada bolup geçýär.

Klinkeri emele getirýän material aýlanýan pejiň içinde hereket edýän wagty, ýylylyk gitdigiçe has köp ereme emele

geler we ilkinji akýan massa (suwuk faza) emele gelip başlar. Reaksiýanyň tizligi gaty çaltlyk bilen ýokarlanar we akýan massanyň mukdary bişmekligiň geçýän in ýokary ýylylyk bölümünde in ýokary derejä baryp ýeter. Bişme temperaturasynda reaksiýa gaty çalt bolup geçer, sowamaklyga sezewar edilen we içinde hek bilen erän kremniý oksidini saklaýan akýan massadan kristallanyp  $C_2S$  döräp başlar, káwagyt düzüme we sowatma şertlerine görä  $C_2S$  hem döräp biler.

Teoriki hasap bilen sowamaklyk, klinker bişme bölüminiň in ýokary temperaturasyny geçip geçmänkä başlar. Forsunkanyň agzyna tarap hereket edýän klinker alow bölüminden çykyp çymanka sekonder howa arkaly sowadylyp baslanar. Klinkeriň gurlyşy we sementiň hili babatynda in möhüm we täsirli sowatma bölümi alow bilen forsunkanyň arasyndaky sowatma bölüminiň sowatma pursatyna suwuk faza (akýan massa) gitdikçe kristallaşyp başlar. Kristallaryň biçüwi, mukdary we sowatma düzümine tizligine baglylykda üýtgar. Pes gyzgynlykda emele gelýän bir reaksiýa hek we kremniý oksidi arasynda emele geler we şeýlelikde heňiz bişme bölümüne gelmänkä pejiň agzynda (aýratynda suspensiýaly başlangyç gury sistema proseslerinde)  $C_2S$  emele gelir.

Klinkerleşme dowamynda temperatura derejelerine görä bolup geçýän reaksiýalar iki bölümde garalyp geçiler.

1 – Kalsinasiýa bölüminiň reaksiýalary

2 – Sinter bölüminiň reaksiýalary.

### 1.11.1. Kalsinasiýa bölüminiň reaksiýalary

100<sup>0</sup>C – da suw bugarlar  
 400<sup>0</sup>C – da  $MgCO_3$   $\xrightarrow{\text{ýylylyk}}$   $MgO + CO_2$   
 500<sup>0</sup>C – da çig mal we aýratynda toýun  
 birleşmeleriniň saklaýan kristaliki (gidrat) suwuň bugarmagy  
 900<sup>0</sup>C – da  $CaCO_3$   $\xrightarrow{\text{ýylylyk}}$   $CaO + CO_2$  peje berilen  
 ýylylygyň köpüsini reaksiýa sarp eder.

Kalsinasiýa bölüminiň reaksiýalary pes temperaturalarda bolup geçýändigleri üçin bu bölümlere, ýokary gyzgynlyga durnukly bolmadyk (pes temperaturaly sredalar üçin öndürerler), çykdaýjysy köp bolmadyk alýuminli kerpiç örerler.

### 1.11.2. Sinter bölüminiň reaksiýalary

Esasy himiki reaksiýalar ýokary temperaturalarda bu ýerde bolup geçýändigleri üçin aýlanýan peçleriň sinter bölümiň, kalsinasiýa bölümüne görä has ýokary temperatura çydamly material bilen örtüler.

Sinter bölümüne, kalsine bolan gips, ýagny CaO bilen kristaliki suwuny ýitiren toýun birleşmeleri ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ) gelir. Aşakdaky tertibe görä agzalar emele gelir. Bularyň ilkinji emele gelme nobaty kesgitlenen dälär.

- a)  $\text{C}_4\text{AF}$  ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mukdary möçberinde)
- b)  $\text{C}_3\text{A}$  (artyk galan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mukdary möçberinde)
- c)  $2\text{C} + \text{S} \rightarrow \text{C}_2\text{S}$  soňra
- d)  $\text{C}_2\text{S} + \rightarrow \text{C}_3\text{S}$  emele gelir.

Aýlanýan peje gerekli ýangyç berilmän, sredanyň temperaturasy zerur bolan temperatura ýetmese, onda soňky reaksiýa tamamlanmaz we  $\text{C}_3\text{S} \rightarrow \text{C}_2\text{S} + \text{C}$  emele gelir. Netijede  $\text{C}_2\text{S}$ -I köp, ilkinji durnuklylygy pes, üwelmegi kyn bolan we erkin heki kop bolan hili pesi klinker öndürerler.  $\text{C}_3\text{S}$  agzasynyň durnukly saklanma temperaturasy  $1200^\circ\text{C} - 1700^\circ\text{C}$  arasyndadyr. (d) reaksiyasynyň dolý bolup geçmegi üçin takmynan  $1400^\circ\text{C} - 1500^\circ\text{C}$  temperatura gerekdir. Aýlanýan peje artyk ýangyç berlip sredanyň temperaturasy  $1700^\circ\text{C}$ -y geçse, onda islendik  $\text{C}_3\text{S} \rightarrow \text{C}_2\text{S} + \text{C}$  reaksiýasy ýenede emele gelir. Netijede aýlanýan pejiň önümçilik şertleri,

muña baglylykda ýangyjyň görnüşi we rezimi gaty möhüm bolup durýar.

### **1.11.3. Sement klinkeriniň önümçilik hiline täsir edýän faktorlar**

Ýokary hili bir sement diýlende kiçi we reaktiw alit kristallaryny köp mukdarda saklaýan, şunuň bilen bir hatarda erkin hek bilen betona zeper ýetirip biljek agzalary saklamaýan ýa-da ujypsyz mukdarda saklaýan bir sement göz önümize gelmelidir. Ýokary hili bir klinkeriniň emele gelmegine täsir edýän baş faktorlar aşakdakylardyr.

#### *Hek doýgunlygy*

- Erkin hekiň hemişelik bahalaryna garşylyk artýan hek doýgunlyk faktory belit agzasynyň tersine alit agzasynyň mukdarynyň artmagyna sebäp bolýar.
- Hek doýgunlary artdygyça klinkerleşmeli temperaturasy (materiallyň birleşme temperaturasy) ýokarlanýar.
- Hek doýgunlygy artdykça, sement öndürme stadiýasynda has köp goşmaça madda goşup bolar. Bu bolsa sementiň çykdaýjysyny azaldýar.
- Hek doýgunlygy artdygyça bişme temperaturasy ýokarlanýanlygy üçin has köp ýylylyk mukdaryna netijede has köp ýangyç gerek bolýar.

#### *Silikat moduly.*

- Silikat moduly ýokarlandygyça (kremniý oksidi mukdary köp) kalsiý silikat mukdary artar, ( $C_3S + C_2S$ ) netijede sementiň standart durnuklylygy artar.
- Silikat moduly ýokarlandygyça klinkerleşme temperaturasy artar.
- Silikat moduly ýokarlandygyça suwuk faza (akýan massa) mukdary azalar, silikat moduly peseledigiçe suwuk faza mukdary köpeler.
- Silikat moduly 4 bahasyna ýetende birlesmeklik (klinkerleşme) kynlaşar.

*Alýuminiý moduly.*

- Alýuminiý modulyňyň 1.38 bahasynda suwuk fazanyň emele geliş tizligi iň az derejedir. Bu bahanyň üýtgemegi bilen suwuk fazanyň emele geliş tizligi artar.

- Hemişelik hek doýgunlygynda. Alýuminiý moduly artsa  $C_3S$  mukdary azalar,  $C_2S$  mukdary artar. Alýuminiý moduly peselse  $C_3S$  mukdary köpeler,  $C_2S$  mukdary azalar.

*Erkin Hek (erkin  $CaO$ ).*

- Umuman erkin hek mukdary köpeldigiçe bişirme temperaturasy peseler. Ýagny bişirme temperaturasy artdygyça erkin hekiň mukdary çaltlyk bilen azalar.

- Erkin hekiň mukdarynyň, 2% töwereginde saklamak üçin bişirme temperaturasyny oňat kontrolluk astyna almak gerekdir. Bişirme temperaturasyndaky az möçberdäki üýtgame, erkin hekiň mukdarynyň köp mukdarda üýtgemegine getirer.

- Erkin hekiň mukdary, betonda göwrüm giňelmegini ýüze çykarmaz ýaly bahada bolmalydyr.

- Hek doýgunlygy 100% bolanda klinker naçe bişirilse-de erkin hekiň mukdaryny 2%-da azaltmak mümkin dälir.

*Erkin kremniý oksidi (erkin  $SiO_2$ ).*

- Iri bölejikli erkin kremniý oksidiniň bolmagy birleşdirme temperaturasyna ters ugurda täsir edýär, ýagny ýokarlandyrýar. Kremniý oksidi ownuk üwelen ýagdaýda tebigy halda hek daşynyň içinde ownuk bölejikli bolup ýaýran bolsa, onda birleşmeklik aňsatlyk bilen amala aşýar.

#### **1.11.4. Farini emele getiren çig mallaryň içki gurluşy**

*Farin kesgitlemesi:* “Farin” Fransuz dilinde “un” manysyny berýän “farine”

sözünden gelip çykandyr. Sement öndürmek üçin gerek bolan çig mal garyndylarynyň zerur bolan ownuklykda üwelip,

himiki düzümi sazlanan we aýlanýan peje bermeklige taýýar bolan aralyk önüme berilýän atdyr.

Hek daşy we toýun birleşmeleri ulanylanda emele gelýän bişirme temperaturasy, hek daşy we mergel birleşmeleri ulanylanda emele gelýän temperaturadan has ýokarydyr. Emma mergelde, kalsiý karbonat we toýun biri-birlerine ykjam we gomogen baglandyrlar. Netijede birleşmeklik temperaturanyň has irki staidýalarynda emele gelýär.

*Ikinji derejeli (orundaky) agzalar.*

-  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  we aşgarlar bişirme temperaturasynda

suwuk fazanyş emele gelmegini artdyrar bişirme temperaturasyny peselder we kalsiý silikatlaryň döremegini aňsatlaşdyrar.

- $\text{SO}_3$  we aşgarlar, suwuk fazanyň emele gelmegine ýardam berer we aşgar sulfatlary emele getirerler, eger sredada köp mukdarda hek bar bolsa, onda  $\text{CaSO}_4$  emele gelir. Bişme temperaturasynyň has aşagynda ( $900^\circ\text{C}$ - $1200^\circ\text{C}$  töweriginde) emele gelen bu suwuk faza, alýuminat we alýumino ferrit esasly suwuk fazadan has tapawutlanmak bilen bir hatarda ýene-de iýon mobilitesini we kombinasiýasyny aňsatlaşdyrmak babatynda täsirlidir (on aşgar we kükürt aýla-şygy bölümünde duüşüdirildi).

*Çig garyndynyň taýynlanmagy.*

- Beýleki şertler şol durkuna galmak şerti bilen fariniň bölejik ululygy näçe kiçi bolsa (ýagny fariniň asyl üst meýdany näçe giň bolsa) bişirme temperaturasy şonça-da pes we klinkerleşme şol möçberde aňsat amala aşar.

-Fariniň oňat gomogenleşdirmegi-de bişirme temperaturasyny peselder.

-Ýangyç hökmünde ulanylýan kömür gerekli ownuklykda üwelmedik bolsa içinde saklanýan kül sebäpli bişme temperaturasyny ýokarlandyrar.

*Kremnezýom-*  $\text{CaO}$  bilen gidrawliki gatamaga ukyply bolan silikatlara birleşýär. Portlandsementiň düzüminde  $\text{SiO}_2$ -



ň köp bolmagy, onuň tutluşma wagtynyň soňunda berkliginiň ýokary bolmagyna getirýär. Gidratasiýa prosesinde köp ýylylyk bölünip çykýar we sulfatly suwlarda durnuklylygy ýokary bolýar.

*Glinozýom*-  $\text{CaO}$  bilen alýuminatlary emele getirýär.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  köpelmegi sementiň çalt gatamagyna getirýär, emma onuň sulfata we sowuga durnuklylygy pes bolýar.

*Demir oksidi* –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  erediji hökmünde bolup ol klinkeriň gyzyt tutluşmagyny gowulaşdyrýar. Portlandsementiň düzüminde  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -ň köp bolmagy bilen onuň sulfata durnuklylygy artýar.

*MgO*- bu klinkerde gerek bolmadyk garyndydyr. Klinkerdäki  $\text{MgO}$ -y sementiň berkligini peseltýär we dargamaga getirýär.

Sement gatanda göwrümi gyrađen üýtgemeyär.

$\text{SO}_3$ - kükürt kislotasynyň anhidridi gips görnüşinde portlandsementiň tutluşma wagtyny sazlamak üçin gerek.

$\text{TiO}_2$ - klinkera toýunsow çig mal arkaly düşýär. Onuň klinkerdäki mukdary

seýrek ýagdaýda 0,3% ýokary geçýär. Bu oksid klinkeriň peýdaly komponenti bolup ol klinker mineralyň kristallaryny gowulaşdyrýar.  $\text{TiO}_2$ -5%-den köp bolsa ol sementiň hilini ýaramazlaşdyrýar.

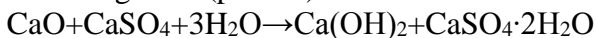
$\text{Mn}_3\text{O}_5$ - bu diňe çig mal garyndysyna toýunsow komponent hökmünde domna şlaklary ulanylanda az mukdarda boluş bilýär. Bu oksid klinker mineralda  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -ň yerini çalyşýar we klinkeriň häsiýetine täsir etmeyär.

*Aşgarlar* – sement klinkerine garyndynyň toýunsow komponentinden düşýär ýa-da senagat galyndylary çig mal hökmünde ulanylanda emele gelýär. Mundan başga-da aşgarlar dolduryjylaryň aktiw kremnezýomy bilen özara täsir edişip betonyň artykmaç giňemegine we dargamagyna getirýär. Şonuň üçin hem gidrotehniki gurluşykda ulanylýan sement üçin aşgarlar 0,6%-den geçmeli däl.

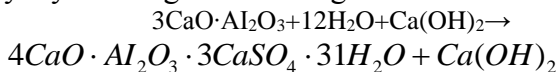
### 1.11.5. Ettringit-iň emele gelmegi

Gipsiň sementdäki  $C_3A$  (üç kalsiý alýuminat) bilen reaksiýa girip hem birden gatylaşmaklygyň önüni almak hem-de gidratasiýa ýylylygynyň birden ýokarlanmagyny gözegçilik astyna almak üçin ulanylýandygyny aýdyp geçipdik. Bu hadysa sebäp bolýan faktor Ettringit birleşmesiniň emele gelmegidir. Sement suw bilen garylanda şol bir wagtda iki hadysa bolup geçer;

1-Suw,  $CaSO_4$  we  $CaO$ -ny dargadyp aşgar bolan kalsiý sulfat erginini emele getirer ( $pH=13$ )



2- $C_3A$  (üç kalsiý alýuminat) suw bilen birden reaksiýa girip kalsiý alýuminat gidrat emele getirer.



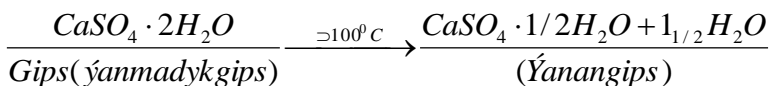
*Ettringit (kalsiýsulfoalýu min at)*

Ettringit aşgar bolan kalsiý sulfat ergininde aňsatlyk bilen eräp bilýär we gidratasiýa girer.  $C_3A$  bölejikleriniň üstünde goraýjy barda emele getirip gidratasiýanyň has-da azmagynyň önüni alar. Şeýlelikde çalt doňmaklygyň öňi alnyp reaksiýa tizligi we netijede gidratasiýa ýylylygynyň birden ýokarlanmagy-da gözegçilik astyna alynar.

### 1.11.6.Sementiň ýalandan doňmaklygy

Gatylaşma hadysasy, suw goşulmagynyň yz ýanyndan ýa-da birnäçe minut soň sement hamyrynda ýüze çykýan gatylaşma bilen häsiýetlendirilýär.

Gips saklaýan sementler  $110^{\circ}C-300^{\circ}C$  temperatura aralygynda gatylaşma hadysasyny ýüze çykarýar. Bu bolsa sementiň içinde saklanýan gipsiň aşakdaky himiki reaksiýalara görä hereket etmekleri sebäplidir.



Ýanan gipsiň bu häsiýeti sebäpli ol dürli ýerlerde; gurluşyk sektorynda, keramika senagatynda, heýkeltaraşçylykda, döwür-ýenjiklerde ulanylýar.

Sement öndürilýän wagty degirmene gips goşulmagyna garamazdan, üweme pursatynda emele gelen ýylylyk we gyzgyn klinkeriň ulanylmagy sebäpli degirmenden çykan sementiň ýylylygy  $150^0C$  we has ýokary bolup biler. Netijede sementdäki kalsiý sulfatyň az- kem suwy çekilip biler (kristallik suwuny ýitirme “dehydrate”). Iň amatly pursatda-da gips ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) we kalsiý sulfat ýarymgidrat ( $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$ ) garyndysy hökmünde saklanar. Emma köplenç ýa-ha ählisi ýarymgidrat ýa-da ýarymgidrat bilen bilelikde tutuşlygyna suwy çekilen ereýän anhidrit garyndysy hökmünde saklanar. Ýarymgidrat we ereýän anhidrit suwda gipsden köp ereýär. Şonuň üçin suw bilen garylada gips babatynda aşa doýan bir ergin emele getirer. Şonuň ýaly aşa bir doýan erginiň emele gelmegi, gipsiň erginde çökmegine sebäp bolar. Eger şunuň ýaly ýagdaý ýüze çyksa statiki gidratasiýa duçar bolan sement böleginde gips doňmagy ýa-da ýalandan doňma diýip atlandyrylýan gatylaşma emele geler. Ýalandan gatylaşan sement bölegini garyp oňa gaýtadan plastikliik berip bolar. Aslynda ýalandan doňmaklygyň çäresi, sement üweme şertlerini oňat sazlap çykalgadaky ýylylygyny mümkin boldugyça pes tutmak we bu ýagdaýda mümkin boldugyça köp mukdarda gipsiň tebigy durkunda saklanmagyny üpjün etmekdir. Munuň üçin degirmene içinden we daşyndan suw pürkmeklik peýdaly bolup biler.

### 1.11.7. Sementiň howa arkaly gatylaşmagy

Ammarda saklanylýan sement haltalaryndaky sement howanyň içindäki çygy we kömürturşy gazyny özüne siňdirip

topbaklanar. Soňra bu topbaklanan sementi ulanmak mümkin dälidir. Eger haltalar ýygy ýerleşdirilen bolsa, onda topbaklanma has-da beterleşer, birnäçe halta üýşmeklerinde bu ýagdaý has-da aýdyň ýüze çykar. Sementiň howa arkaly gatylaşma hadysasy haýal bolup geçýän hadysadyr, şonuň üçin kä halatlarda kynçylyk döremez. Köp mukdarda aşgar we köp mukdarda sulfat saklaýan klinkerlerden öndürilen sementlerde bolsa klinkerde bar bolan kaliý sulfaty ( $K_2SO_4$ ) we gips hökmünde goşulan kaliý sulfat ( $CaSO_4$ ) arasynda emele gelen reaksiýa sebäpli bir kynçylyk ýüze çykar. Bu reaksiýanyň netijesinde “syngenile” diýip atlandyrylýan bir suwy çekilen ikili sulfat emele geler ( $K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$ ). Munuň emele gelmegi bilen haltanyň içinde gysylan sementiň bölejikleriniň arasynda bir bag emele gelip gatylaşma we topbaklanma dörär. Bu reaksiýanyň başlamagy üçin diňe azajyk suw ýeterlikdir, eger kalsiý sulfatta ýeterlik mukdarda gidrat suwy bar bolsa, onda reaksiýa öz-özünden emele gelip biler.

Bu hadysanyň az hem bolsa önüni almak üçin mümkin boldugyça gips mukdary az bolmaly, erkin hek mukdary bolsa mümkin boldugyça köp bolmalydyr.

### **1.12. Klinkeriň mineralogik düzümi**

Klinkeriň mineralogik düzümi- onuň iň doly we ynamly häsiýetnamalarynyň biri. Barlaglaryň netijesinde portlandsementiň esasy gurluşy özboluşlulyklary onuň klinkeriniň mineralogik düzümine we sementiň udel üstüne bagly. Klinkerde  $C_3S$  köp saklaýan we  $C_3A$  ýeterlik mukdarda bolan sementler örän çalt gataýarlar we tiz ýokary berkligе eýе bolýarlar, olary tiz gataýan portlandsement taýýarlanlarynda ulanylýar,  $C_2S$  we  $C_4AF$  köp saklaýan sementler haýal gataýar we gatamada az ýylylyk bölüp çykarýar; olary pes termiki sementleri taýýarlamakda ulanylýar.  $C_3A$  köp saklaýan sementler çalt tutuşýar we gataýar, ýöne olaryň

doňadurumlylygy we minerallaşan we sulfatly suwlara garşy durnuklylygy pes.

Portlandsementiň esasy fazalary:

Alit- $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  ýa-da  $\text{C}_3\text{S}$

Belit- $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  ýa-da  $\text{C}_2\text{S}$

Aralyk madda

*Alit*-esasy klinker mineraly, portlandsementiň berkligini, gatama tizligini we beýleki häsiýetlerini kesgitleýär. Klinkerde alityň mukdary 45-60% ýetýär. Portlandsement klinkeri alit arassa  $3\text{Ca}\cdot\text{li}$  silikatdan azrak tapawutlanýar. Sebäbi gaty ergin görnüşinde ol köp bolmadyk mukdarda Mg, Al, P we beýleki oksidleri saklaýar. Arassa alit  $1200\text{-}1500^\circ$ -dan  $1900\text{-}2070^\circ$ -a çenli aralykda durnukly. Şondan pes temperaturada alit belit we CaO dargaýar,  $2070^\circ$ -dan ýokary bolsa ereýär. Portlandsementiň berkligine we beýleki häsiýetlerine klinkerdäki alitiň kristallarynyň formasy olaryň ölçegi kristallaşma derejesi we beýlekiler täsir edýär.

*Belit* – ol klinkeriň 20-30%-ni tutýar. Ol haýal gataýar, ýöne portlandsement

uzak wagtlap gatamada onuň berkliginiň ýokary bolmagyna getirýär. Belit hem alit ýaly  $\beta\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ -niň gaty ergini we köp bolmadyk mukdarda Al, Fe, Cr we beýleki oksidleriň goşundylaryny saklaýar.

Klinkeriň bişirme temperaturasynda  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ -niň birnäçe polimorf modifikasiýasynyň emele gelmegi mümkin. Belitiň gidrawliki aktiwligi kristallaryň gurluşyna bagly.

*Aralyk maddalar*-alit bilen belitiň kristallarynyň arasynda ýerleşýär, alýumoferrit we alýuminat fazalary şeýle hem kristallaşan görnüşde goşmaça minerallary we aýna görnüşli fazany ölçenilýär. Bu fazanyň hemmesi ýokary temperaturada erän görnüşde bolýar.

*Kalsiýalýuminat*-y- ol klinkerdäki aralyk maddada iki birleşme görnüşinde bolup bilýär:

Üçkalsilialýuminat- $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  we

Başkalsilialýuminat- $5\text{CaO}\cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$

Adaty klinkerde çig mal garyndysynda CaO-ň köp bolmagy sebäpli  $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$  saklamaýar.

*Alýumoferrit faza (selit)-* düzümi üýtgeýän gaty ergin, ol klinkerdäki glinozýom bilen demir oksidiniň gatnaşygyna şeýle hem sowamagyň dvzgvnine bagly. Portlandsement klinkerde alýumoferrit faza düzümi boýunça dörtekalsialýumoferrite meňzeşdir.



*Aýna görnüşli faza* - ýa-da klinker aýnasy- bu klinkeriň kristallaşyp ýetişmedik suwuk fazasydyr. Sowadylyşynyň tizliligine baglylykda aýna görnüşli fazanyň möçberi hemişe 6-12% golaý bolýar. Klinker aýnasy Ca, Al, Fe, Mg oksidlerinden we aşgarlaryndan ybaratdyr. Klinkerde şol aşaky düzüjilerden başga-da beýleki kristallik görnüşdäki emele gelmeler, ýagny erkin görnüşdäki Ca we Mg oksidi bolýar.

Erkin CaO-di 1%-den geçmeli däl. Şondan ýokary bolanda sementiň hili peselýär we gatanda göwrüminiň gyra deň üýtgemegine (kalsiýgidroksidine geçmegi sebäpli) getirýär. Natriý oksidi  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  bilen özara täsir edişip



$\text{K}_2\text{O}$ -di iki kalsili silikat bilen birleşip birleşmäni emele getirýär:



Aşgarlar klinkerde sulfatlar görnüşinde bolýar şeýle hem alýuminat we alýumoferrit fazanyň düzümine girýär. Aşgar birleşmeleriniň emele gelmegi klinkeriň gidrawliki aktiwligini peseltýär.

*Adaty hekiň düzümi:*

$\text{C}_3\text{S}$ -46-60%

$\text{C}_2\text{S}$ -15-35%

$\text{C}_3\text{A}$ -4-14%

$\text{C}_4\text{AF}$ -10-18%

Başlangyç klinkerde minerallaryň saklanyşyna baglylykda portlandsementiň şu görnüşü bolup biler:

*Ýokary alitli*-60%  $\text{C}_3\text{S}$

*Alitly-50-60% C<sub>3</sub>S*

*Belitli-35% C<sub>2</sub>S*

*Alýuminatly-15% C<sub>3</sub>S, 10% C<sub>4</sub>AF*

*Alýumoferritly-7% C<sub>3</sub>A, 18% CAF*

### 1.13. Sementiň modullary

Doýgunlaşma koeffisienti we modul häsiýetnamasy.

Modullara geçmezden öň, sement senagatynda ulanylýan belgileriň üstünde durup geçeliň. Sement senagatynda ulanylýan sementiň himiki formulalary uzyn bolandygy sebäpli, gysgaltmak maksady bilen belgiler ulanylýar. Bular;

Hek ýa-da CaO --- "C" elipbiýi bilen

Kremniý ýa-da SiO<sub>2</sub> --- "S" elipbiýi bilen

Alýuminat ýa-da Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> --- "A" elipbiýi bilen

Demir (3) oksidi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> --- "F" elipbiýi bilen

Suw ýa-da H<sub>2</sub>O ---- "H" elipbiýi bilen

Mysal üçin

Üç kalsiý alýuminat (3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) -----C<sub>3</sub>A görnüşde

Kalsiý silikat gidrat (CaO ·SiO<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O) ----- CSH görnüşde

Dört kalsiý alýuminat ferrit (4CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ----- C<sub>4</sub>AF görnüşde görkezilýär.

Portlandsementiň himiki analizleriniň netijesinde sementi emele getirýän esasy oksidleriň (CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) gatnaşyklaryň arasynda belli bir baglanyşygyň bardygyny açyldy. Oksidleriň özara bolan bu baglanyşyklary hem prosesi hem-de sementiň häsiýetlerini düşnükli edýär. Ulanylan modullar aşakda açyklanyp, formulalarda oksid birlikleriniň himiki analiz netijesinde agramlyk hökmünde görterimleri aňladýar.

1. Gidrawliki (esasy) modul- baglanyşan CaO-ň mukdaryna kislota oksidleriniň mukdaryna bolan gatnaşygyna aýdylýar.

$$E\text{ GM} = \left[ \frac{(CaO_{uum} - CaO_{erk})\%}{(SiO_{2um} - SiO_{2erk}) + Al_2O_3 + Fe_2O_3} \right] \%$$

GM(EM)=1,7-2,3

2. Silikat ýa-da kremnezýom moduly- beýleki oksidler bilen reaksiýa gatnaşýan kremnezýomyň mukdary bilen klinkerdäki glinozýom bilen demir okisiniň umumy mukdarynyň arasyndaky gatnaşyga aýdylýar.

$$SM_{(n)} = \frac{(SiO_{2um} - SiO_{2erk})\%}{(Al_2O_3 + Fe_2O_3)\%}$$

Adaty portlandsement üçin ol SM=1,7-3,5 aralyk bolýar. Silikat modul alýumoferrit we alýuminat düzüjileriň arasyndaky gatnaşygy kesgitleýär.

3. Glinozýom ýa-da alýuminat modul- glinozýomyň demir okisine bolan gatnaşygyna aýdylýar.

$$GM = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

Klinkerde glinozýom modul üç kalsili alýuminat bu demir saklaýan birleşmeleriň arasyndaky gatnaşygy kesgitleýär.

CM=1-2,5

Glinozýom moduly ýokary bolanda çalt tutluşýar ýöne berkligi pes bolýar.

4. Doýgunlaşma koeffisienti- çig mal garyndylary hasaplananda doýgunlaşma koeffisienti şu formula boýunça tapylýar:

$$DK = \frac{CaO - 1,65Al_2O_3 - 0,35Fe_2O_3}{2,8SiO_2}$$



Çig mal materialyň düzümine we häsiýetine, klinkeri ýakylýan desganyň görnüşine, ýakylyş şertine baglylykda doýgunlaşma koeffisienti deňdir:  $DK=0,85-0,95$

#### **1.14. Portlandsementiň önümçiligi**

Portlandsement almak üçin çig mal şihda takmynan 75-78%  $CaCO_3$  we 22-25% toýunsow madda saklamaly, zawod üçin optimal şihdanyň himiki düzümi ylmy esasly hasaplamalar bilen guralýar. Portlandsementiň önümçiliginde kömürturşykalsiý köp bolan karbonat jynslary we kremnezýom, glinozýom we demir oksidi köp bolan toýunsow dag jynslary ulanylýar. Hek daşlary we mel hem giňden ulanylýar.  $CaO$ ,  $SiO_2$ ,  $R_2O_3$  saklaýan mergeller hem gymmatly çig mal, olar gyzdyrylan madda geçirip hasaplananda ýönekeý klinkeriň düzümine örän ýakyn.

Görkezilen talaplara laýyk gelýän dag jynslary tebigatda az duşýar. Şonuň üçin hek daşy we toýun bilen bir hatarda (korrektirleýji) düzediji goşundylar hem ulanylýar, olar çig mal şihda ýetmeýän bir ýa-da birnäçe oksidleriň agramly mukdaryny saklaýarlar. Şeýdip,  $SiO_2$  ýetmeýän mukdarynyň ýokary kremnezýomly maddalar bilen öwezini dolýarlar. Demir oksidini köpeltmek üçin kolçedan ýakyndylaryny girizmek arkaly bolar. Glinozýomyň  $Al_2O_3$  saklanmasynyň ýokary glinozýomy köp bolan toýunlary goşmak arkaly ýokarlandyrylar. Mundan başga-da sement önümçiliginde önümçiligiň beýleki pudaklarynyň önümleri hem ulanylýar, meselem domna şlaklary (aşgar), nefelin şlamlary we ş.m. Nefelin şlamlary glinozýomyň önümçiliginde zyňyndy hökmünde alynýar. Onda 25-30%  $SiO_2$ , 50-58%  $CaO$ , 2-5%  $Al_2O_3$ , 3-5%  $Fe_2O_3$  we 3-8% beýleki okisler saklanýar. Eger şeýle düzümlü çig mala 15-20% hek daşy goşulsa, onda çig mal şihdanyň düzümi portlandsementi taýýarlamak üçin ulanylýana analogik bolar. Ýangyç hökmünde ownadylan daş kömür,

mazut we tebigy gaz ulanylýar. Häzirki wagtda sement önümçiligi has effektiv bolan gaz görnüşli ýangyçda işleýär.

Portlandsementiň önümçiligi şu esasy operasiýalardan ybarat: toýuny we hek daşy almakdan (gazyp almak), çig mal materiallary we korrektirleýji materiallary taýýarlamakdan, berlen düzümi boýunça olardan bir görnüşli şihmany taýýarlamak, garyndyny ýakmak, klinkeri gips bilen gowy toz şekile çenli ownatmak, käwagtlar aktiw mineral goşundylar bilen.

Çig mal şihmanyň taýýarlanyş usulyna görä portlandsementiň önümçiliginiň iki görnüşü bar: öl we gury usul. Öl usulda çig mal materiallary ownadýarlar we garýarlar suw bilen garylýar we şlam görnüşindäki garyndy aýlanýan peçlere ýakma barýar. Gury usulda materialy gury görnüşde ownadýarlar, garýarlar we ýakýarlar. Bu esasy usullar bilen birlikde kombinirlenen çig mal şihmany öl usulda taýýarlaýarlar, soňra şlamy suwy çekdirilenden soň, ondan däneler (granula) taýýarlap, gury usul shemasy boýunça ýakýarlar.

Usullaryň her birisiniň artykmaç we ýetmezçilik taraplary bar. Öl usulda suwly sreda-da materiallaryň ownamasy ýeňil we şihmanyň birhilliligi tiz bolup geçýär, ýöne garyndyny ýakmaklyga gury usuldaka garaňda köp ýangyç sarp edilýär. Gury usulda şihmanyň çig mal unyň garyşmagy uzak wagtda ösmegi gomogenizasiýasynyň kynçylygy bolýar, şeýle-de çykýan gazlaryň ýokary temperaturasy we alnan klinkeriň birneme pes hili bilen düşündirilýär. Onda-da gury garyndylaryň effektiv gomogenizasiýasyna ýetilmegi we çykýan gazlaryň temperaturasynyň birden kiçelmesinde ýetilen üstünlikler bilen, şeýle-de gerekli hilli portlandsementi almak mümkinçiligi soňky onýyllykda bu usul giň ulanylýar. Gury usulda öl usula garanda ýangyç az sarp edilýär, ýöne elektroenergiýanyň we önümçiligiň zähmet sygymy birneme köp sarp edilýär.

### 1.14.1. Portlandsementiň alnysynyň tehnologiýasy

Portlandsement önümçiligi şu tapgyrlardan ybarat:

Çig maly gazyp almak we daşamak, çig mal şihtany taýýarlamak, klinkeri we portlandsementi almak üçin, klinkeri gipsi we beýleki goşundylar bilen bilelikde ownuk görnüşe getirmek. Portlandsementiň önümçiliginde esasy meseleleriň biri kesgitli mineralogiki düzümlü klinkeri almakdyr. Ol çig malyň düzümine we hiline şeýle hem komponentleriň arasyndaky gatnaşyga çig mal garyndysynyň birmeňzeşligine we sowadylyşyna bagly. Klinker almaklyk has çylşyrymly we energiýany köp talap ediji prosesdir.

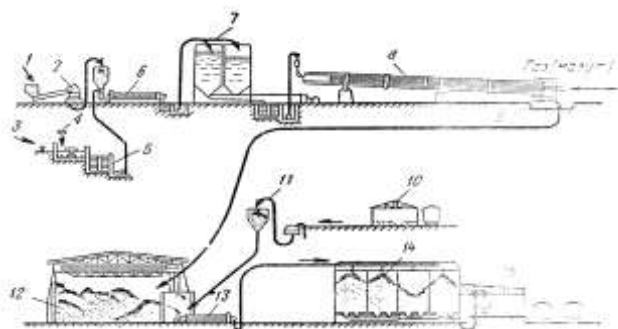
Portlandsement klinkerini almak üçin çig mal garyndysy 75-78% kalsi we 22-25% toýunsow maddalary şeýle hem 2-4% demir oksidini saklamaly. Şol talaplara laýyk gelýän dag jynslary tebigatda seýrek duş gelýär. Görkezilen düzümlü klinkeri almak üçin çig mal garyndysyna düzediji (korrektirleýji) goşundylar goşulýar.

Mysal üçin trepel, opoka, diatomit goşundylary goşulýar. Sement senagatynda klinkeri almak üçin önümçiligiň galyndylary ýagny domna we ýangyç şlaklary, kül, glinozýom önümçiliginiň galyndylary ulanylýar. Portlandsement 2 usul boýunça alnýar: öl usul we gury usul.

Bu usullar çig mal garyndylarynyň taýýarlanylşy boýunça tapawutlanýar. Öl usulyň kemçiligi- bişirmek üçin ýangyç köp harçlanýar. Gury usul bilen deňeşdirilende 1,5-2 esse köp harçlanýar. Bu usulyň artykmaçlygy çig mallary owratmak üçin elektikenergiýa az harçlanýar. Şeýle hem şihtany aralaşdyrmak aňsat bolýar. Gury usulyň artykmaçlygy ýylylyk az harçlanýar. Emele gelýän peç gazlary azalýar. Usulyň kemçiligi çig mal taýýarlamagyň tehnologiki shemasynyň enjamlaşdyrylyşy çylşyrymlaşýar.

### 1.14.2. Portlandsementi almagyň öl usuly

Portlandsement önümçiliginiň öl usuly şundan ybarat (3-nji surat.). Karýerden bölek görnüşde getirilýän çig mal materiallar ownadylýar (5mm uly bolmadyk ululykda). Gaty jynslary ilki ýaňak şekilli ýa-da çekiçli owradyjylarda ownadýarlar (2) has ýumşaklar bolsa (toýun, mel) suw bilen garylýp öl ownadylýar (4,5). Garyjy-degirmende 50% golaý çyglykly şlam setkaly aýykdan çykarylýar we turba degirmene geçirilýär (6), ol ýere yzygider ownadylan hek daşy we korrektirleýji goşundylar goşulýar (7). Soňra aýlanýan peçe (8) ýakylmaga barýar, sowadyjyda



3-nji Surat . Portlandsement önümçiliginiň öl usulynyň tilsimat çyzgydy.

1-karýerden hek daşynyň berilmegi; 2- hek daşyny owratmak üçin owradyjy; 3- krýerden toýunyň berilmegi; 4- suwuň berilmegi; 5-toýuny garmak üçin basseýn; 6-çig mal degirmeni; 7-şlamyň basseýni; 8-aýlanýan peçe; 9-sowadyjy; 10-gipsiň ambary; 11-gipsi owradyjydan bunkere bermek üçin elewator; 12-klinkeriň ambary; 13-şarly degirmen; 14-sementiň silosy; 15-sementiň gaplanýan ýeri. (9) sowadylan klinker klinker ambaryna barýar (12) gipsiň ambaryndan (10) gips

owradyjydan elewatoryň (11) kömegi arkaly ambara berilýär. Klinker bilen gips we beýleki düzediji goşundylar bilen şarly owradyjyda (13) owradylýar, ondan taýýar önümiň ambaryna (14) ugradylýar we sementi gaplanýan ambara (15) barýar. Ýumşak karbonat komponent- mel ulanylanda, ilki öl taýýarlanan mel-toýun şlamy gidrotarnsport bilen üweme üçin zawoda ugradylýar.

### **1.14.3. Aýlanma peçe klinker bişirilende bolup geçýän prosesler**

Çig mal uny ýa-da şlam bişirilende çylşyrymly fiziki we fiziki-himiki öwrülişikler bolup geçýär. Bişirilýän materialda bolup geçýän öwrülişiklere baglylykda peç (aýlanýan) 6 zona bölünýär:

1. Guradyjy zona
2. Gyzdyryjy zona
3. Kalsinirleme zonasy
4. Ekzotermiki reaksiýanyň zonasy
5. Gyzyp tutluşma zonasy
6. Sowatmak.

Öl usulda çig mal şlamy peçe berlenden soň (1-nji zona)  $300^0$  - $600^0$  C aralykda bolan tüsse gazlarynyň täsirine  $100^0$  C -sa golaý gyzdyrylýar. Şonda çyglylygyň bugarmagy bilen şlam goýalýar. Soňra iri bölekler emele gelýär we olar has ownuk bölejiklere dargadylýar. 1-nji zonanyň uzynlygy pejiň tutuş uzynlygynyň 30%-ni tuýar. Gury usulda bu zona ulanylmaýar.

2 -nji zonanyň uzynlygy takmynan 1-nji zonanyň uzynlygyna deň. Bu zonada material  $500^0$  - $600^0$  C -a çenli gyzdyrylýar. Şonda aralykdaky goşundylar ýanýar, toýunsow minerallaryň bölekleyin degidratasiýasy geçýär. Şonuň netijesinde suwsuz alýumisilikat we beýleki şoňa meňzeş birleşmeler emele gelýär.

3 -nji zona pejiň tutuş uzynlygynyň 20-23%-ni tutýar. Maksimal temperatura  $1200^0$  ( $700^0$  C-dan –  $1100^0$  C -a çenli)

ýokary galýar. Bu ýerde karbonatlaryň ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ) dekarbonizasiýasy geçip gutarýar we erkin  $\text{CaO}$ -ň käbir mukdary emele gelýär.  $\text{CaCO}_3$ -ň dekarbonizasiýasy endotermiki prosesdir, şonuň üçin hem 3-nji zonanyň temperaturasy has ýokary bolýar. Şeýle hem şu zonada degidratirlenen toýunsow minerallar  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  we  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dargaýar. Olar  $\text{CaO}$ -di bilen özara täsir edişýärler. Gaty ýagdaýda bolup geçýän şol reaksiýanyň netijesinde hem 3 kalsili alýuminat we bölekleyin (iki kalsili ) belit we alit emele gelýär.

4 –nji zona\_  $1100^0\text{ C}$  - $1250^0\text{ C}$  -da geçýär.

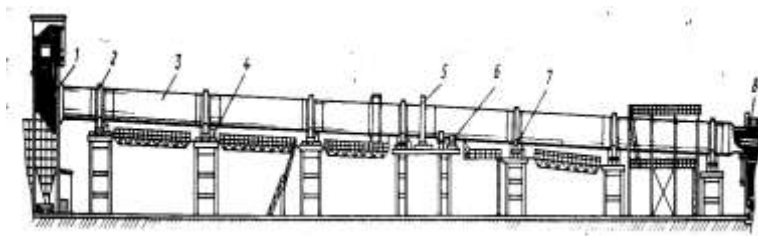
$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$

$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$

$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$

Olar köp mukdarda ýylylygyň bölünip çykmagy bilen bölünip çykýar we materialyň temperaturasy  $150^0\text{ C}$  - $200^0\text{ C}$  artýar. Bu zonanyň uzynlygy tutuş pejiň uzynlygyndan 5-7 %-ni tutýar. 5-nji zona\_  $1300^0$  - $1450^0\text{ C}$  geçýär. (gyzyp tutluşma zonasy) Bu zonada materialyň bölekleyin eremeği üçin zerur bolan ýokary temperatura ýetirilýär. Klinkeriň esasy mineraly alit emele gelýär. Prosesiň başynda  $1300^0\text{ C}$  -da ýeňil ereýän mineralyň  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  we  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  şeýle hem  $\text{MgO}$  bilen ýeňil ereýän garyndylaryň ergini emele gelýär. Ol bişirilýän massanyň 20-30%-ni tutýar. Temperatura  $1450^0\text{ C}$  -a çenli ýokarlandyrylanda klinkerli suwuklykda belit  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  we  $\text{CaO}$  ereýän we erginde olardan alit emele gelýär. Ol erginde gowy eremeýär we şonuň netijesinde erginden ownuk kristal görnüşde bölünýär, bu bolsa erginde  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  we  $\text{CaO}$ -ň täze mukdarynyň eremegine getirýär. Alitiň emele gelme prosesi şol zonada material 15-20 min saklananda geçip gutarýar. Zonanyň uzynlygy tutuş pejiň uzynlygynyň 10-15%-ne ýetýär. Temperaturanyň  $1450^0\text{ C}$  -dan  $1300^0\text{ C}$  -a çenli peseldilmegi erginden  $3\text{Ca}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ -dan  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  emele gelýär we  $\text{MgO}$ -ň kristallaşmagyna getirýär.

6 –nji zona. Klinkeriň temperaturasy  $1000^{\circ}\text{C}$  çenli pese düşürilýär. Şonda fazanyň bir bölegi kristallaşyp, ondan alit, belit,  $3\text{Ca}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  bölünýär. Bir bölegi bolsa aýna görnüşli faza görnüşde gataýar. Sowadylyşynyň tizligi klinkeriň mineralogik düzümine we gurluşyna täsir edýär.

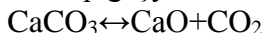


4-nji Surat . Öl usulda ulanylýan aýlanýan peç

1-tüsseçykar; 2-şlamy bermek üçin iýmitlendiriji; 3-baraban; 4- bandaž ; 5- aýlaýjy ; 6-sowadyjy.

Aýlanýan peç (surat. 4) list polatdan uzyn silindr içi oda çydamly material bilen örtülen. Pejiň uzynlygy 185 m çenli, diametri 5 m çenli ýetýär. Käbir aýratyn peçler 230 m çenli bolýar. Pejiň barabany  $3-4^{\circ}$  (eňňit) ýapgyt guralan we öz okunyň daşyndan  $0,5-1,4$  aý/min ýygylýk bilen aýlanýar. Şlamy pejiň ýokarky tarapyna ýükleýärler, ol onuň aşaky soňuna süýşýär. Gaz, mazut, ýa-da toz kömür görnüşli ýangyç howa bilen pejiň garşylykly aşaky ujundan ot ýanýar we pejiň içinde  $1500^{\circ}\text{C}$  temperatura döredýär. Tüsse gazlary pejiň ýokarky ujy tarapyndan aýrylýar. Barabanyň yzynlygy bilen hereketlenip şlam özüne tarap gelýän gyzgyn gazlar bilen täsirleşýär we az-azdan ýyлаýar. Munda şlamda şu fiziki-himiki prosesler bolup geçýär. Başda mehaniki baglaşan suw bugarýar

massa guraýar, tokga tutýar, soňra mehaniki maddalary ýanýar we degidratasiýa – himiki baglanan gidrat suwlary aýyrmak 800<sup>0</sup>-1000<sup>0</sup>C-e temperaturada reaksiýa boýunça karbonatnyň güýçli dissosiasıýa prosesi bolup geçýär.



Emele gelen CO<sub>2</sub> (kömürturşy gazy) ýanmanyň önümleri bilen aýrylýar, CaO bolsa 800<sup>0</sup>C temperaturada ýa-da ondanam ýokary temperaturada (palçygyň) toýunyň tüsseleri bilen himiki reaksiýa gatnaşýar we ikikalsili silikat, üçkalsili alýuminat we dörtkalsili alýumoferrit aşgarlaryň magniý oksidiniň we garyndy komponentleriň gatnaşmagy bilen ereýärler onda hem CaO we 2CaO·SiO<sub>2</sub> eräp, üçkalsili silikat 3CaO·SiO<sub>2</sub> emele getirýär, ol hem erginden kristallaşýar, *Alit diýlip atlandyrylýan üçkalsiý silikat- klinkeriň iň esasy mineraly* . Köplenç ol glinozýemiň we magniý oksidiniň garyndylaryndan ybarat. Gyzdyrylan klinker sowadyja barýar, 80<sup>0</sup> -200<sup>0</sup>C çenli oňa garşy gelýän howa bilen sowadylýar. Sowadyjydan klinker sklada barýar. Tehnologik prosesi gowy gurnalan döwrebap zawodlarda klinkeriň hili we temperaturasy geljekki önümçilik üçin kanagatlanarly.

#### **1.14.4. Aýlanýan pejiň režimi**

-Aýlanýan pejiň režiminiň klinkeriň hiline edýän täsiri, klinkeri emele getiren iň az çig malyň düzümiçe möhümdir. Klinkerleşmäniň amala aşmagy şerti bilen köp bişirmeklige görä, az bişmekligiň hile gowy täsir edýänligi hemmämize mälimdir. Köp mukdardaky erkin hek, 28 günlük durnuklylygy peseldýär.

- Klinkeriň kristalliki gurluşy göz önüne alynyp önde goýlan maksat, iň köp mukdarda, kiçi biçüwsiz, reaktiw alit kristallarynyň emele gelmegi bolmalydyr.

- Ýokary hilli sement klinkerini öndürmek üçin klinkeriň bişirilmeginde, bir tarapdan köp mukdarda alitiň emele gelmegi üpjün edilmelidir beýleki tarapdan bolsa alit



kristallarynyň ulalmagyny, irileşmegini gözegçilik astyna almak zerurdyr. Şeýlelikde belli bir çig mal garyndysy üçin kristal ululygyny kiçeldip, laýyk gelýän düzümi üpjün edip biljek bir optimal režim bilen işlenilmelidir. Has ýokary temperaturada alit kristallarynyň hili ýaramazlaşar. Şonuň üçin käwagt adaty ýagdaýdan has köp erkin hek saklap, bişme temperaturasyny peseltmek, hil babatda has peýdaly bolup biler.

- Ýangyç- howa gatnaşygy laýyk gelmeýän bolsa, çig mal unyň içinde, doly ýanmadyk ýangyç sebäpli uglerodly material saklanýan bolsa, oňat üwelmedik kömür ulanylýan bolsa, alowyň boýy we biçüwi oňat sazlanmadyk bolsa, onda peçde kemter şertler dörrär. Kemter sredadan in köp zyýan çekýän  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  bolup ýokary gyzgynlykda kislorodyny ýitirip, has az kislorodly  $\text{FeO}$  we hatda metalliki demir emele gelip biler. Kemter şertler  $\text{Fe}^{+2}$  iýonyny egetirer, bu bolsa alitiň kristalliki gurluşyna aralaşar. Şunuň ýaly klinker bişme bölüminden çykýan wagty gaýtadan okislenende, sekonder howa arkaly  $\text{Fe}^{+2}$  iýony  $\text{Fe}^{+3}$  iýonyna öwrüler.

Alitiň içki gurluşynda bu iýon ýer eýeläp bilmeýänliginden alitiň dargamagy bilen belit we erkin hekin emele gelişi artar. Bu bolsa klinkerden öndürilen sementiň hiliniň peselmegine getirer. Bu hadysanyň başga bir möhüm netijesi hem  $\text{Fe}^{+2}$  iýonynyň edil hek ( $\text{CaO}$ ) ýaly özüni alyp baryp garyndynyň asyl esaslylygyny artdyryp hek doýgunlygynyň täsirliiligini ýokarlandyrmagy, kombinasiýany (birleşmekligi) has-da kynlaşdyrmagy we erkin hek mukdaryny azaltmak üçin has köp bişirmekligiň zerur bolmagydyr.

#### **1.14.5. Suwuk (likit) faza**

Klinkerleşmekligiň emele gelmegi üçin ýokarlanan ýylylyk bilen bir hatarda kesgitli we ýeterlik mukdarda suwuk fazanyň emele gelmegi gaty möhümdir. Klinker bişme bölüminiň köpüsinde 20-30% suwuk faza bolup bilýär.

Kitaplarda köplenç suwuk fazanyň emele gelip bilýän iň pes ýylylyk derejesini  $1250^{\circ}\text{C}$  –  $1300^{\circ}\text{C}$  diýip berilýär. Suwuk fazanyň emele gelýän temperaturasy we suwuk fazanyň mukdary alýuminiý we demir oksid mukdarlaryna görä üýtgär. Köplenç temperatura derejesi alýuminiň modulyna bagly bolup, alýuminiý moduly ýokary bolsa suwuk fazanyň emele gelme temperaturasy ýokarydyr. Suwuk faza mukdary bolsa silikat modulyna bagly bolup, alýuminiý moduly ýokary bolsa suwuk fazanyň emele gelme temperaturasy ýokarydyr. Suwuk faza mukdary bolsa silikat modulyna bagly bolup, silikat moduly ýokary bolan klinkeriň akýan massa (suwuk faza) mukdary has azdyr.

#### **1.14.6. Sowadylma tizligi**

Kristalliki gurluş babatda iň möhüm sowatma stadiýasynyň, bişme bölümi bilen forsunkanyň arasyndaky bölümde bolup geçýändigini öň nygtap geçipdik. Sowadylma tizligi we görnüşi suwuk fazanyň kristallaşmagyna täsir edişi ýaly belli möçberde alit kristallarynda käbir özgermele sebäp bolýar.

Klinkeriň çalt sowadylmagy, 28 günlük durnuklylygy artdyryandygy mälimdir. Ýokary alýuminiý moduly bahasynda bu täsir has-da kesgitlidir, alýuminiý modulynyň takmynan 1,4 bahasynda bu täsir iň aza ýeter, alýuminiý modulynyň has pes bahalarynda bu täsir gaýtadan ýokarlanyp başlar.

#### **1.14.7. Portlandsement önümçiliginiň gury usulynyň tehnologiýa çyzygy**

Portlandsementi öndürmegiň gury usulynda çig mal mergeller ýa-da gaty hek daşlaryň we toýunlaryň garyndylary ulanylýar.

Sementi öndürmegiň gury usuly öl usulyndan has ýeňil; birinjiden şlam emele gelme prosesi ýok, ikinjiden bolsa gury

usul bir agregatda tehnologik shemanyň aýratyn böleklerini özünde jemlemäge mümkinçilik berýär: öz-özünü ownadýan degirmenler (Aerofol), ambarlar, çig mal materiallary üweýän degirmenler we başgalar.( Surat-5.) Portlandsement almagyň gury usulynyň tehnologiki çyzygy görkezilen.

Gury usulda başlangyç materiallar ownatmadan we guratmadan soňra şar ýa-da beýleki degirmenlerde üweýärler, tä N008 torly elekde 5-8% galyndy galýança. Çig mal uny ýylylyk çalşyly ýa-da kalsinatorly siklonly gysga aýlanýan peçlerde ýa-da az ulanylýan awtomatik (häzirk wagtda ol effektiw däl) peçlerde ýakylýar. Kalsinatorly ýa-da ýylylyk çalşyly siklonly gysga aýlanýan peçlerde ýakylanda çig maly edil ol usuldaky mehanizmleriň kömegi bilen ownadýarlar, käbir ýagdaýlarda şol bir wagtda guradyjy barabanlarda 1-2% çyglyga çenli guradýarlar, soňra bolsa aýyk ýa-da ýapyk sikl bilen işleýän degirmenlerde inçe ownadylýarlar.

Käwagtlar üweme üçin turba (şar) degirmenleri ulanman üweýän mehanizmler ulanylýar, olarda material işleýji halka ýola zynjyrlaryň uly güýji bilen gysylýan agyr katoklaryň kömegi bilen ownadylýar (ýola material berilýär). Materialyň däneleriniň ölçegi 40 mm we çyglylygy 12% köp bolmaly däl. Üwem (pomol) agregatlara 300-400°C temperaturaly gyzygyn tüsse gazlary berilýär (käwagtlar t°C ondan hem ýokary). Ownadylan önüm edil şar degirmenlerdäki ýaly gaz akymy bilen çykarylýar we siklonlarda ýa-da elektrofiltirlerde çökdürilýär. Häzirk döwürde üweme üçin kiçijek jisimsiz kaskad degirmenler ulanylyp başlandy, olarda materialy onuň öz bölekleriniň gaçma urgusynyň täsiri astynda ownadylýar. Bu degirmenleri 20% we has uly çyglylykly çig maly ownatmak üçin ulanýarlar, çig maly 10 sm çenli ölçegdäki bölekler görnüşinde ýüklenýär, we gyzygyn gazlar berilýär, olar materialy 0,5-1% çyglylyga çenli guradýarlar. Şu gazlar soň hem ownadylan önümden çykarýarlar, olar soňra akymdan daşky seperatorlarda ýa-da siklonlardan bölünip çykýar özem has uly bölekler täzeden üwemä barýar.

Üwemeden soň çig mal uny 2000 m<sup>3</sup> çenli göwrümlü siloslara korrektirlemä we gomogenizasiýa barýarlar, ol ýerde uny garýarlar gysylan howanyň kömegi bilen himiki düzümi boýunça ortalaşdyrýarlar, ol howa düýbinden gelýär. Çig mal unyň düzümini himiki usullar, şeýle-de kwantometrler bilen gözegçilige alýarlar. Ýakma üçin ýylylyk çalşygy siklonly peçler ýokary effektiv we olar has giňden ulanylýar.

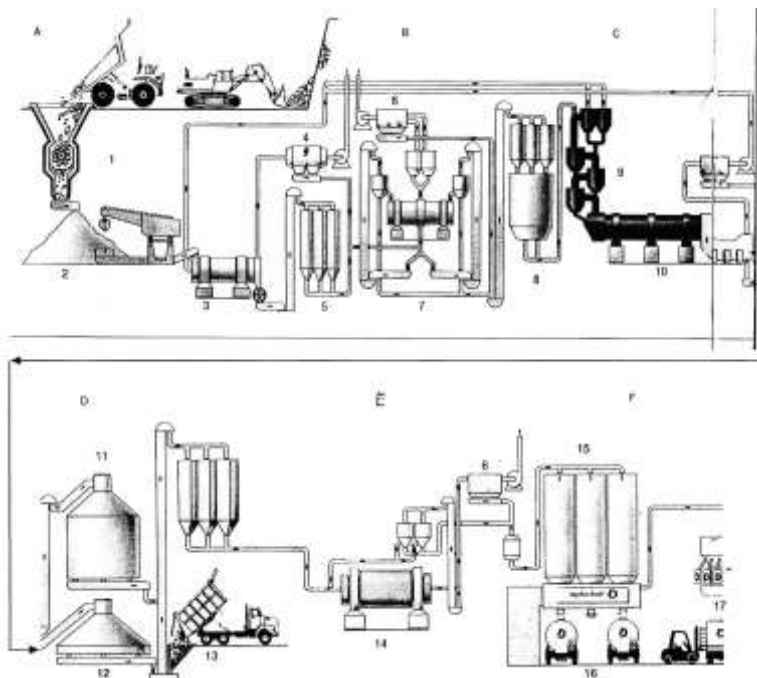
Önümçiligiň gury usulynda çig mal uny kalsinatorly aýlanýan peçlerde (Lepol peji) ýakylýar, käwagtlar şahta peji hem ulanylýar. Iki ýagdaýda hem uny ýakmadan öň tarelka görnüş granulýatorlarda granulirleýärler (granulalaryň ölçegi 5-10-dan 20-30 mm çenli). Granulýatoryň diskine barýan una suw sepilýär, disk aýlananda şarjagazlar (5-30 mm ölçegli granulalar) emele gelýär, olar soňra konweýer kalsinatoryň üstünde ýerleşen bunkere barýarlar. Kalsinator – bu yzy üzülmeyän tigris gözenek bolup, bunkerden 15-20 sm gatly granulalar barýar. Bu gatdan 1000-1100°C temperaturaly aýlanýan peçden gelýän gazlar süzülip geçýär. Material başda guradylýar degidririlenýär we bölekleýin dikarbonizirlenýär we 800°C töweregi temperatura bilen aýlanýan peçlere ýakma barýar. 100-150°C çenli sowadylan gazlar tüssesorygy bilen aýrylýar. Kalsinatorly aýlanýan peçleri awtomitizirmek kyn, we soňky ýyllarda olary siklonly ýylylykçalşygyly işe geçirýärler. Şahta peçlerindäki ýakma ýylylygy az sarp etmesi bilen häsiýetlendirilýär, ýöne alynýan klinkeriň hili aýlanýan peçleriňkiden pes.

Gury usul önümçiliginde çig mal karýerlerden ýüküni özi düşürýän maşynlara ýüklenip ýaňakly we çekiçli owradyjylaryň (1) bunkerlerine düşürilýär, owradyjylarda hek daşy iki tapgyrlyýyn toýun bolsa bir tapgyrlyýyn owratmany geçýär. Soňra çig materiallaryň bunkerine ýygnaýlar. Toýun walikli owradyjylarda owradylýar we guradygy barabanda (3) guradylýar guradyjydam emele gelen tozanlar elektrofiltrede (4) çökdürilýär. soňra hek daşy we toýuny gury çagylyň bunkerine (5) geçirýärler ol dozator bilen enjamlaşdyrylan

konweýer daşajýylaryň kömegi bilen üweýji şarly degirmene (7) inçe üwelmäge ugradylýar. Owradyjydan bir wagtda ýylylykçalşyjy enjamlardan gelyän gazlar bilen materialyň guratmasy amala aşyrylýar, degirmen howa seperator bilen we filtr (6) bilen enjamlaşdyrylan. Howa akymy bilen owradylan material seperatora ugradylýar, ol ýerde onuň ownuk we gödek bölekler (fraksiýalara) bölünişi bolýar. Soňra ownuk fraksiýalar siklonlardan aeroželoblardan we iýmitlendiriji desga baýlaşdyryjy (8) çig malyň siloslaryna düşýär. Gödek fraksiýa bolsa seperatordan degirmene ahyrky üweme üçin barýar.

Silosdaky çig mal uny ýylylykçalşyjy siklonlara (9) ugradylýar ol ýerde olar peçden çykan gazlar bilen 700<sup>0</sup>-750<sup>0</sup>C çenli gyzdyrylýar we bölekleyin dekarbonizirlenýärler. Ýylylykçalşyjydan çyg un öz akymy bilen aýlanýan peje (10) barýar. Peçden çykan klinker sowadyjyda sowadylýar. Soňra klinker plastinaly konweýerlerde klinker bunkerine (11) barýar. Ol ýerden klinker klinker ambarynda (12) ýygnaýar ol dozator bilen enjamlaşdyrylan şol ambardan gerekli goşundylar barýar. Ammardan klinker goşmaça maddalaryň ( gips) (13) berilýän ýeri lentaly konweýer bilen şarly degirmene (14) sementi üwemäge berilýär, ol seperator bilen enjamlaşdyrylan. Ýuka fraksiýa degirmenden siklonlardan pnevmokameraly soryjyny geçip sement ambaryna (15) barýar. Gödek fraksiýalar bolsa aeroželoblardan geçip elewatorly we merkezden daşlaşýan seperatordan geçip degirmene ahyrky üwemek üçin barýar. Üwelen agregat aspirasion desga bilen enjamlaşdyrylan. Sowadyjy elektrofiltr peç skrubber elektrofiltr we torlar bar. Olardan tozansyzlandyrylan gazlar we ýa-da howa atmosfera geçýär. Ambardaky sementi demir ýol wagonlaryna (16,17) ýa-da awtosement ulaglara ýükleýärler. Ýokarda seredilen gury usuldaky ýagdaýda önümçilik dekarbonizasiýa derejesi siklonly önümçilik ýylylykçalşyjylarda 20% ýetýär. Pejiň öndürijiligi 150 sagatdan geçmeýär, pejiň agregatynyň öndürijiligini

ýokarlandyrmak maksady üçin ýa-da käbir ýylylykçalşyjylaryň we aýlanýan pejiniň arasyndaky metal sygymyny peseltmek üçin reaktor dekarbonizatory ýerleşdirýärler. Şular ýaly agregatlarda goşmaça gyzdyryjylaryň kömeginde çig garyndynyň dekarbonizasiýasy 90%-a çenli ýeine ýetirilýär. Reaktor-dekarbonizatordan aýrylýan howa ulanylýar.



5-nji Surat. Sement önümçiliginiň gury usulynyň tehnologiýa çyzgysy

A-Hek daş karýeri

B-Çig mal taýýarlygy

Ç-Klinkeriň ýakylyşy

D-Klinker ambary

E-Klinkeri üwemek

F-Gaplamak we ugratmak

1-çekikli ovradyjy; 2-çig materiallaryň bunkeri; 3-guradyjy baraban; 4- elektrofiltr; 5- gury çagylyň bunkeri; 6-filtr; 7- howa seperatorly şarly degirmen; 8- çig mal uny baýlaşdyryjy; 9- ýylylykçalşyjy siklonlar; 10- kolosnik sowadyjy turba görnüşli aýlanma peç; 11-klinker bunkeri; 12-klinker ambary; 13- goşmaça maddalaryň (gipsiň) berilýän ýeri; 14-howa seperatorly sement üweýän degirmen; 15-sement bunkeri; 16- tarsyz ýüklemek; 17- gaplamak we haltalary ugratmak.

#### **1.14.8. Ýylylyk çalşyjy siklonly aýlanma peçi**

Gury usulda sement önümçiliginde ulanylýan (surat. 6.) aýlanma peçleriň uzynlygy öl usula garanynda birneme gysga bolýar 40 metrden 100 metre çenli, diametri 2,5 metrden 4-5 metre çenli. Pejiň daşy otdan uzyn silindr, içi oda çydamly material bilen örtülen. Peç 3-4<sup>0</sup> ýapgyt (eňňit) guralan bolup öz okunyň daşyndan minutda 0,5-1,4 aýlaw edýär. Peji aýlamak üçin biri kiçi (45 kw) ýagny kömekçi motor, birem uly motor (350 kw) bar. Pejiň orta bilinde bir sany dişli mehanizm peji aýlamak üçin bar bu sagat diliniň aýlanmasy ýaly aýlaw edýär. Üç sany bandaž, üç aýak, alty sany rolik oturýar. Bandaž aýry, peç aýryçindäki kerpiçler aýry aýlanýar. Birinji bandažyň aşagynda peji ýokaryk-aşak süýşürýän mehanizm bar. Birinji we üçünji bandaž bilen korpusyň (montonyň) arasy 3 sm boşluk. Peç sowuk duran wagty ikinji bandaž bilen montonyň, monto diýlip- pejiň korpusyna, daşyndaky demire turba aýdylýar.

Her roligiň gapdalynda diňe aşagynda kladiş oturyp, onuň ýaglanyşy degirmeniň zynjyry ýaly, ýagny aşakdan alyp üstüne özi guýýar. Ýag gyzmaz ýaly suw bilen sowadylýar. Suratda uzynlygy 68 metr diametri 4,20 metr bolan aýlanma peji, pejiň içine oda çydamly material örtülendir.

1) Ilkinji gyzdyrlýan bölüm- 650-850<sup>0</sup>C gyzgynlyga durnukly kerpiç örtülmelidir. 0-1 metre çenli düzüminde 90% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> saklaýan kerpiç örtülýär.

2) Kalsinasiýa bölümi -900-1270<sup>0</sup>C gyzgynlyga durnukly kerpiç örtülmeli. 1-41 metre çenli Mg silikatly oksidleri (MgO·SiO<sub>2</sub>) saklaýan kerpiç örtülen.

3) Sintere geçelge bölümi – 1270-1400<sup>0</sup>C guşak emele gelýünligi sebäpli ýylylyk geçirijiligi pes bolan kerpiç örtülmelidir. 41-55 metre çenli düzüminde 80%-li Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> saklaýan kerpiç örtülýär.

4) Sinter bölümi – 1400-1500<sup>0</sup>C Anzast emele getirip biljek kerpiç örmeli. 55-66 metre çenli düzüminde 45%-li Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> saklaýan kerpiç örtülýär.

5) Klinker ýygnanma bölümi – 1300-1350<sup>0</sup>C ýylylyk alyş çalşygyna we sürtülmeklige durnuklylygy ýokary bolan kerpiç örmeli. 66-68 metre çenli düzüminde 80%-li Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> we siliskarbidli (SiC<sub>2</sub>) saklaýan beton guýulýar.

6) Klinkeriň çykýan ýeri – 1300-1350<sup>0</sup>C urgulara durnukly, mehaniki durnuklylygy ýokary bolan kerpiç örmeli.

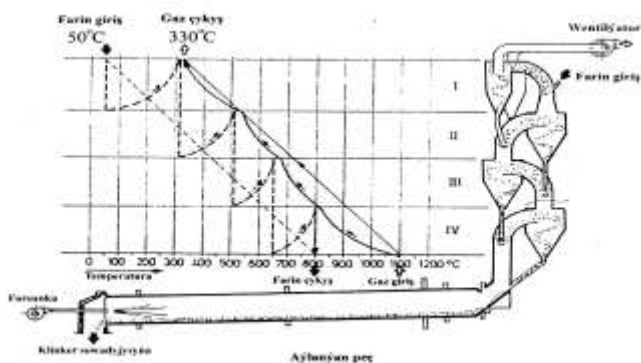
7) Klinker sowatma bölümi – 1300-1350<sup>0</sup> C gyzgynlyga durnukly kerpiç örmeli.

### **1.14.9. Içki ýylylykçalşygy siklonlar**

Siklonlar baş gatdan ybarat bolup, birinji gatdan dördünji siklon aşakdakylar iki siklondan, ýokarydan aşak siklonlaryň diametri ulalýar. Siklonlaryň gaz we çig mal geçiriji berk materialdan edilen turbalary bar. Her siklonyň aşagynda çig mal turbada ýörite klappen oturýar. Çig mal gelip ikinji siklonyň ýokarsyndaky gaz turbasyna düşüp soruş bolany üçin sorulyp birinji siklonlara düşýär. Soň birinji siklondan çig mal turbanyň üsti bilen 3-nji siklonyň gaz turbasyna düşüp ýene ol ýerde-de soruş bolany üçin ýokaryk sorulyp ikinji siklona düşýär. Ol ýerden çig mal turba düşüp dördünji siklonyň gaz turbasyna düşýär, ondan çig mal sorulyp üçünji



siklona düşýär. Üçünji siklonyň çig mal turbasy bilen başynji siklonyň çig mal turbasyna düşýär. Ol ýerden ýene-de sorulyp kalsinatora düşýär, kalsinatorda ilkinji bilen gyzdyryjy kamera soň bolsa garyjy kamera düşüp ol ýerde kalsinasiýa geçip, sorulyp başynji siklona düşüp çig mal turbanyň üsti bilen geçip kamera baryp soň peje düşýär. Şu siklonlarda gyzgyn howa bilen çig mal unyň arasynda ýylylyk çalşyjy bolup geçýär. Şonuň üçin muňa oň ýyladyjy diýilýär. 5,4,3,2 siklonlarda we gaz çig mal turbalarda içine refelaktornyý material gyzgynlygy saklaýan wegyzgyňa çydamly betonlar we kerpiçler goýulýar we örtülýär. Beton goýulýan ýere beton saklamak üçin annataž (haç ýaly demir) ýa-da ýörite kerpiç goýulýar. Birinji siklonlara daşyna gyzgynlygy saklaýan material dolanýar, sebäbi ol ýerde beýleki siklonlara garanda gyzgynlyk pes. Klinker sowadyjynyň birinji kamerasynda pejiň içi bilen siklonyň içi bilen gyzgyn howany sorup çekýän wentilýatorlar bar ol wentilýatora abgaz wentilýator diýilýär.



6-njy Surat . Ýylylyk çalşyjy siklonly aýlanma peç

Ilki çig mal uny degirmende suw bugardylp çig malyň unyň çyglylygyny 1%-e çenli azaldyp gomogenizatora berilýär.

Siklonda  $MgCO_3 \xrightarrow{400^\circ C} MgO + CO_3$  soň kristal suw  $500^\circ C$ -da bugarýar. Soňra  $CaCO_3 \xrightarrow{900^\circ C} CaO + CO_2$  dargaýar. Siklondaky klapanlar we içindäki reflektornýý materialyň täsiri un bilen sürtülmegi netijesinde zaýalanyp biler. Abgaz wentilýatorlaryň ganatlaryna ýelmeşen gyzgyn tozanlary aýyrmasaň balansirowka podşipnikler zaýalanýar. Peç gyzgyn halýnda dursa ýa-da saklansa egrelýär we kerpiçleriň dökülmegine sebäp bolýar. Başınjy siklon bilen geçiş kamera aşgarlaryň oksidlerinden bitip bilýär. Munuň üçin şol ýerleri çiş bilen arassalamak üçin ýer bar we pneumoatyjylar bar. Siklonyň içinde çenden aşa gyzgynlyk ýokarlansa gyzgynlygy peseltmek üçin ikinji siklonlarda suw pürküji enjamlar bar. Geçiş kamerada hem birinji siklonlardan soň gaz analizator oturdylyan.

#### 1.14.10. Owradyjylar

Owratma prosesi umuman ölçeg kiçeltme hökmünde ulanylýar. Dagmagdançylygynda minerallary tebigy ojaklaryndan çykarmak üçin partlaýjy maddalar ulanylýar. Partlatma minerallaryň ölçegini kiçeltmeginiň ilkinji basgançagy bolup hasap edilýär. Onuň ilkinji basgançagy owradylmadyr. Owratma işini ýerine ýetirýän maşynlara bolsa OWRADYJYLAR diýilýär.

Owradyjyda owratma prosesi, jynsyň gaty bir üstlere gysylmagy, hereketli gaty bir üst ugry bilen ýa-da jisimleriň biri-birine çaknyşmagy netijesinde emele gelýär. Netijede owradylma prosesi, basyş we urgy iki sany esasy prinsipden ybarat bolup durýar.

*Basyş prinsipine görä işleyän owradyjylar;*

Eňekli owradyjylar

Aýlandyryjy owradyjylar

Wally owradyjylar

Saýmonsýň owradyjysy

*Urgy prinsipine görä işleýän owradyjylar;*

Urguly owradyjylar

Birleşik owradyjylar

Çekiçli owradyjylar

Urgy çekiçli owradyjylar

Birleşik urgy çekiçli owradyjylar (surat 7).

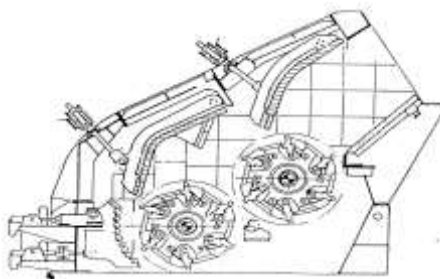
Sement önümçilik prosesinde esasan çekiçli rotorly owradyjylar ulanylmaga laýyk gelýär. Bu owradyjylar iki görnüşli bolup:

Ýeke rotorly- çaknyşma plastinaly görnüşde;

Jübüt rotorly- sandally görnüşde owradyjylar bolup biler.

Bu görnüşdäki owradyjylarda rotorlaryň aşagynda belli aralykly gözenekler bar bolup, gözenekler bilen çekiç aralyklary sazlaşdyrylýar. Bu aralyklar, umuman uman owradyjydan çykan däne ölçegleri 0-dan 25 mm ölçegde bolar ýaly edilip sazlanýlýar.

Umuman çig mallary owradyjylara polat konweýerleriň üsti bilen berilýär, bu polat konweýerler belli bir aýlawly däl, aýlawlary rotor aýlawlary bilen ýa-da rotorlaryň motor güýji bilen proporsional peselip artýan şekilinde gurnalandyr. Polat konweýeriň maksimum aýlawy-da owradyjydan çykan dänäniň jemleýji rezin konweýeriň ýük galdyryjylyk ukybyna görä sazlanmalydyr.



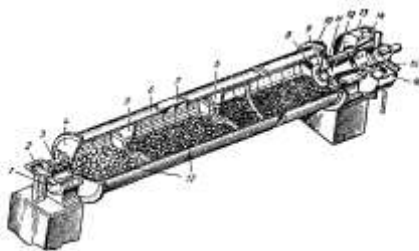
7-nji Surat. Birleşen urgý täsirli owradyjy

#### 1.14.11. Şarly turba degirmenler.

Klinkeri gips we aktiw mineral goşundylar bilen bilelikde köpkameraly turba degirmenlerde üweýärler. Degirmenlerden barýan taýýar portlandsement 100<sup>0</sup>C töweregi temperaturaly pnevmatik transport bilen siloslara ugrukýar. Soňra sementi köp gatly 50 kg-lyk kagyz haltalara ýa-da ýörite enjamlaşdyrylan awtomobil, demirýol ýa-da suw transportyna ýüklenip, ulanyja ugradylýar.

Takmynan ýüz ýyldan bäri sement üweme prosesinde şarly degirmenler ulanylýar. Häzirki wagtda (surat.8.) şarly degirmenlerde wally presler bilen uly öndürijilikli separatorlar bilen enjamlaşdyrylan hem-de örän ýokary öndürijilikli.

Turba degirmen – bu 8,5metrden -16m-e çenli uzynlykly 2-4,5 m diametrli polat silindr, onda birnäçe bar. Iki tarapdan ol boş sapfanyň düýbi bilen ýapylan, olar şar görnüşli öýjüge brkidilen, sapfalaryň içki boşluklarynyň üsti bilen degirmeniň bir tarapyndan ýükleýärler, beýleki tarapdan ýüki düşürýärler.



8-nji Surat. Şarly köp kameraly turba degirmen

1- podşipnik; 2-ýüklenýän guýguç; 3- sapfany goýberiji; 4,10-torsyň düýbi; 5-kameralaryň bölüji germew ; 6-sütüni; 7- gapagy; 8-germewi bölüji; 9-konus; 11 pilçe; 12-

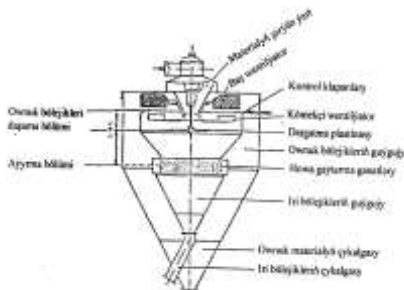
ýükleýän konus; 13-gabyk; 14-tor; 15-düşürýän turbalar; 16-çykarmak üçin deşik; 17-polat şar

Degirmeniň içi 2-3 kamera deşikli germewli olara ownujak jisimler ýerleşdirilen, birinjide we ikinjide – polat ýa-da çöýun şarlar üçnjide bolsa uly bolmadyk silindrler. Boş sapfanyň ýükleýji enjamynyň üstünden şlam turba degirmeniň birinji kamerasyna barýar. Degirmen aýlananda merkezden daşlaşýan we sürtülme güýçleriň täsiri bilen birnäçe beýiklige galyp aşak gaçýarlar, şonda olaryň materialyň dänelerini döwürler we gowy ownadýarlar. Turba degirmenler üznüksiz işleýän agregatdyr.

Gowy ownadylan material gaýmakýaly massa (şlam) görnüşinde nasos bilen, silindrik formaly polat ýa-da demirbeton rezerwuar bolan korrksion şlam-basseýnlere nasos bilen berilýär. Olarda şlamyň himiki düzüminiň soňky gezek korrktirleýärler we peçleriň arasyny üzmän işlemesi üçin artykmaç şlam gatlaklanmaz ýaly ony mehaniki garyjylar we gysylan howa akymy bilen yzygiderli garýarlar. Basseýnlerden şlam iýmitlendiriji enjamlara barýar, olar ony ýakma üçin aýlanýan peçlere deňölçegli berýärler.

Häzirki wagtda şarly turba şekilli degirmenlere roller pres (rolikli pres) bilen ýokary öndürijilikli separator (surat 9) ýaly enjamlaryň oturdylmagy bilen has amatly we ýokary öndürijilikli çylşyrymly dizaýnly sistemalar döredilýär. Rolikli presler sygymy ortaça 30-50% artdyrýarýokary öndürijilikli separator bolsa sygymy ortaça 26% artdyrýar we elektrik sarp edilişini 14% azaldýar. Sistemalar, aýyk sistema ýa-da ýapyk sistema ýaly iki görnüşde bolup bilýär. Soňky wagtarda ulanylýan ýapyk sistemalarda rolikli degirmen, ýokary öndürijilikli separator, şarly degirmen we önüm ýygnaýjy (köplenç filtr) ýaly enjamlaryň birnäçesiniň ýa-da hemmesiniň ulanylyşy we pozisiýalaryna görä dürli sistemalar dizaýn edilýär. Gurnajy firmalar bu sistemalary dizaýn edýän mahaly, maýa goýumlarynyň azlygy, energiýa sarp edilişiniň azlygy, dolandyryş çykdaýjylarynyň azlygy, aňsat ideg we ideg

çykdaýjylarynyň azlygy, ýokary sygym we önümiň hili ýaly kriteriýalary göz önünde tutýarlar.



## 9-njy Surat . Separator

*Gomogenizasiya gurluşlary.*

Birden köp çig mallaryň owradylmagyndan soňra (owradyjlaryň soňunda) garyşdyryp belli bir gatnaşyga çenli gomogen (birmeňzeş) hala ýetirmäge kömek berýän bloklar. Gowy garyşdyrylan bir meňzeş bolan materiallary bilen un bilen degirmenler üpjün edilende gowy ownukly un çykmagy bilen örän netijeli we tygşytly önüm alyp bolar. Hem-de materialyň gat-gat bolup biri-biriniň üstüne düşüp tokga tutmazlygy üçin gowy bu ýerde ýöriteleşdirilen garyjylar bilen enjamlaşdyrylan.

### 1.14.12. Başlangyç gyzdyryjy. Başlangyç kalsinasiýa sistemasy

Farin peje berilmezinden öň (10-njy surat) kalsina bolýanlygy sebäpli we başlangyç gyzdyryjylaryň ulanylmagy bilen aýlanan peçleriň boýlary gysgaldylyp, aýlaw sany artdyrylandyr.

Bu ulgamly başlangyç gyzdyryjy sistemalar (4000 tonna/gün klinker öndüriljeklikli ) ýa-da iki we ikiden köp ulgamly başlangyç gyzdyryjyly sistemalar (4000 tonna/gün

klinkerden ýokary öndürijilikli) ulanylýar. Birden köp ulgamly sistemalarda bir ulgama „içki ulgam başlangyç kalsinasiýa“, beýlekilerine bolsa „özbaşdak başlangyç kalsinasiýa“ ulgamlary diýen at berilýär.

Köplenç peç sistemasyna berilen fariniň 35-40%-i peç başlangyç gyzdyryjysyna, 60-65%-i bolsa ilkinji kalsinasiýa başlangyç gyzdyryjysyna gidýär. Kalsinasiýa derejesini artdyrmak üçin ilkinji gyzdyryjy ulgamyna kalsinator goşulyp aýlanýan pejiň öndürijiligini artdyryp bolar.

Aýlanýan pejiň öndürijiligini artdyrmak we energiýany tygşytlamak üçin başlangyç gyzdyryjylarda geçirilmeli çäreler:

- basyş peselişini azaltmaklyk, wentilýatorda energiýanyň tygşyatlanmagyny üpjün edýänliginden pes basyş ýitgili siklonlaryň ulanylmagy.
- Siklonlaryň içine girýän turbalaryň we girelge turbalarynyň has ulylarynyň ulanylmagy.
- Täsirli ýylylyk çalşygy (transferi) üpjün edilip, başlangyç kalsinasiýada saklanma wagtynyň gysgaldylmagy.
- Ulgamlardaky (liniýalardaky) klapanlaryň iş ýerine ýetirijiliginiň (fuksiýalarynyň) has gysgaldylmagy.
- Sistema girýän gereksiz howanyň we peýdasyz howa syzdyrmaklygyň iň az derejä peseldilmegi.
- Aýlanýan pejiň iýmitlendirme sistemasyndan daşaryk çykýan howanyň önüniň alynmagy.
- Soňky siklon seksiyasynyň saýlama öndürijiliginiň gowulandyrylmagy.



10-njy Surat.  
Kalsinator

### 1.15. Portlandsement hamyrynyň gatamasy

Portlandsemente suw guýlanda, plastik sement hamyr emele gelýär, ol soňabaka goýalýan we daş görnüşli ýagdaýa eýe bolýar.

Portlandsement gatanda köpsanly çylşyrymly fiziko-himiki prosesler bolup geçýär. Klinkeriň aýratyn minerallarynyň suw bilen täsirleşme prosesi birwagtda geçýär, biri-biriniň üstüne ýatyp, biri-birine täsir edýärler. Alynan täze görnüş öz gezeginde klinkeriň başlangyç minerallary bilen we özaralarynda hem täsirleşip, täze birleşmeleri berip biler. Bularyň hemmesi portlandsementiň gatamasy öwrenilende kynçylyk döredip biler. Portlandsementiň we beýleki berkidiji materiallaryň gatamasynda, suw bilen birleşmesinde bolup geçýän gidratasiýa reaksiýasydyr. Olar esasy maddanyň dargamagynda we onuň dargamazlygynda hem geçip biler.

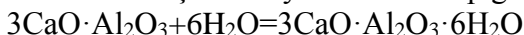
Portlandsementiň gatama prosesi esasan silikatlaryň, kalsiniň alýumoferritleriniň we alýuminatlarynyň gidratasiýasy bilen kesgitlenýär.

$C_3S$  otag temperaturada  $^{\circ}C$  suw bilen täsirleşmesi doly gidratasiýada stehiometriki şu shema bilen görkezilýär.



Gataýan sistemanyň suwuk fazasynyň tiz we doly kalsiý oksidi bilen doýgunlaşýandygy üçin başda  $C_2SH_2$  emele gelýär diýip guman edýärler, ol soň hekiň gaty faza bölünmegi bilen CSH geçýär. Muňa hekiň konsentrasiýasyny peseldýän aşgarlaryň ergine geçmesi hem ýardam edýär.  $\beta \cdot C_2S$  gidratasiýa hem şu şertlerde getirilen shema bilen geçirilýär, özem hek az mukdarda bölünýär.

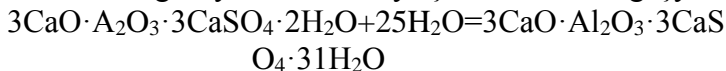
$C_3A$  suw bilen täsirleşmesi uly tizlikde bolup geçýär,



$C_3AH_6$  hemme kalsiniň gidroalýuminatlaryndan has has durnukly bolup durýar.

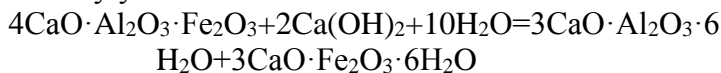


Üçkalsiýalýuminat ikisuwly gipsiň gatnaşmagynda suw bilen täsirleşende, normal temperaturada gidratirlenýär we kalsiniň gidrosulfoalýuminatlary diýip atlandyrylýan kompleks birleşmeleri emele getirýär. Bu reaksiýa şu shema bilen geçýär.



Şu düzümde tebigatda duş gelýän minerala etringit diýilýär.

Alýumoferrit faza, adaty portlandsementde dörtkalsili alýumoferrit  $\text{C}_4\text{AF}$  görnüşde bolandyr. Ol portlandsementiň gidratasiýa şertlerinde ýagny heke doýgun erginiň normal temperaturada suw bilen täsirleşmesi stehiometriki şu deňleme boýunça aňladylýar.



Munuň netijesinde örän durnukly garyşyk kristallar  $3\text{Ca}(\text{Al},\text{Fe})_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  emele gelýär.

1882ý. Le-Şatélye gatamanyň kristallizasion teoriýasyny hödürleýär, oňa laýyklykda başlangyç suwsuz sement minerallar olaryň gidratasiýasynyň önümi bilen deňeşdireniňde suwda has ýokary ereýjilige eýedir, erginlere gidrat täze emele gelmelerine görä doýgunlar emele getirýär. Gidrat täze emele gelmeler doýgun erginden kristallikler görnüşde bölünip çykýar, olar soňra bu prosesi giňemegi bilen kristallik prosesi emele getirýär, bu proses örän berk.

N.Mihaelis 1893ý. Kolloid teoriýany hödürleýär. Ol portlandsement gatanda kristallik önümleriň emele gelýändigini tassykladyr. Sement daşyň berkliginiň, suwgeçirmezliginiň we beýleki özboluşlyklarynyň formirlenmeginde esasy roly gatamada emele gelýän kalsiniň ferritlerine we alýuminatlaryna silikatlaryň gidrogellerine degişli diýip, belläpdir. Mihaelis boýunça semente suw guýlanda ondaky gidrosilikatlar kristallaşmaýarlar:

1923ý. A.A.Baýkow berkidiji materiallaryň teoriýasyny hödürleýär. Onuň teoriýasy Le-Şatélyeniň we Mihaelisiň

teoriýalaryny baglaşdyrýar. Sementiň gatamasyny A.A.Baýkow kristallizasion we kolloid prosesleriň jemi düşündirilýär. Onuň tutmagyna görä, hemme gidratasion gataýan madda hökman kolloid ýagdaýly stadiýany geçýär, eger soňky netijede kristallik ösüntgi berýän hem bolsa,(meselem, ikisuwly gips), A.A.Boýkowa görä portlandsementiň gatamasy 3 hatardan ybarat. Birinji hatarda berkidiji suwda tä doýgun ergin emele gelýänçä eredilýär, ikinji hatar- kolloidasiýa ýa-da tutluşma- berkidijiniň gaty fazasyna suwuň birleşmesi we ýokary kolloid disperslilikli (başlangyç materialyň arakesmesiz eremeği) gidratasion birleşmeleriň emele gelmekligi bilen häsiýetlendirilýär; şol birwagtda massanyň tutluşmasy bolup geçýär; üçünji hatar-kristallizasiýanyň we gatamanyň hatary, haçanda gele öwrülme täze emele gelmeleriň täzedan kristallaşmasy we olaryň kristallik ösüntgä öwrülmesi, ol sistemanyň gatamasy we onuň berkliginiň ösmesi bilen bolup geçýär.

Portlandsementiň gatamanyň teoriýasyny ösdürmeklige W.A.Kinda, W.N.Ýunga, W.F.Žurawlewa, P.P.Budnikow, P.A.Rekindera, S.D.Okorokow, N.A.Toropow, Ýu.M.Butta, A.W.Woloženskiý köp goşant goşdylar.

P.A.Rekinder okuwçylary bilen ýerlerde barlag geçirdiler, olar berkidiji materiallaryň gatamasy baradaky teoriýany köp ösdürip, giňeldipdirler. Olar gatamada durnuksyz başlangyç maddalar eräp we termodinamiki durnukly gidrat täze emele gelmeler, olara görä doýgun erginlerden, kristallaşýarlar. Başda bu täze maddalardan we progiratirlenmedik bölejikleriň koagulyasion strukturasyny ýüze çykýar, onuň uly bolmadyk berkligi we toksotropnylygy bar, ýagny onuň strukturasynyň dargamasynda ony täzedan öňki ýagdaýyna dikeltme ukybydyr. Soňra az-azdan has berk kristallizasion strukturasyny emele gelýär. S.D. Okorokow boýunça kalsigidroalýuminatlar we gidrosulfoalýuminatlar erginden emele gelýärler. Kalsiniň silikatlarynyň gidratasiýasy tophimiki reaksiýanyň netijesinde bolup geçýär.

Malinin öz işgärleri bilen, alit suwda gatanda inkongruentno (özügäbäsdeşli) ereýär, ýagny  $\text{Ca(OH)}_2$  we kremnikislotalaryň geline dargayar, özem ergine ýeterlikli mukdarda hek geçýär, kremnikislota bolsa esasan däneleriniň üstünde gaty fazada galýar. Haçan-da ergin heke doýgunlaşanda onuň kremniýkislota bilen täsirleşmesi bolup geçýär, netijede kalsiniň gidrosilikaty emele gelýär, reaksiýa gatnaşmaýan hek kristallaşýar we erginden gaty fazada bölünip çykýar. Kalsiniň gidrosilikatlary däneleriniň üstünde örtük görnüşde galýarlar.

A.W.Wolžanskiň pikirine görä, gidratasiýa erginiň üstünden tophimiki bolup biler- suwuň gaty madda birleşme ýoly bilen, ýagny berkidijiniň düzümine we özboluşlylygyna bagly, şeýle-de onuň gatama şertlerinde şol ýa-da beýleki proses agdyklyk edýär.

Sement däneleriniň gidratasiýasynda reaksiýalar ilki olaryň üstünde geçýär, özem däneleriniň daşynda emele gelýän täze emele gelen gel görnüşli örtük olara suwuň girmesini kynlaşdyrýar. Wagtyň geçmegi bilen däneleriniň içki bölegi hem az-azdan gidratirlenýär, bu gel suwuň saklanmasynyň azalmasyna getirýär, we onuň birleşmesine. Gidratasiýa reaksiýanyň giň ýaýramagynda gel däneleriniň içki böleginde sement daşyň berkligi has köp, ösýär dykzlaşýar.

Portlandsementiň gatamagy esasy gatamanyň tutluşma we gatama tizligi bilen häsiýetlendirilýär. Klinker minerallaryň suw bilen täsirleşme tizligi dürlidir. Suw bilen has tiz  $\text{C}_3\text{A}$ , soňra  $\text{C}_4\text{AF}$ ,  $\text{C}_3\text{S}$  we iň soňda  $\text{C}_2\text{S}$  täsirleşýär. Klinker minerallaryň gidratasiýasynyň tizligi olaryň gatamasynyň tizliginde bagly: mineral näçe tiz gidratirlense şonça-da onuň berkligi tiz ösýär. Şeýlelikde, klinker minerallaryň gidratasiýasynyň tizligi hakdaky maglumatlar portlandsementiň klinkeriniň mineralogik düzümini taslamak üçin ulanylyp biliner, oňa gatama tizligine baglylykda uly talap edýärler.

Portlandsementde klinker bilen bir hatarda gipsiň we aktiw mineral goşundylaryň bolmagy sement hamyryň gatama tizligini we önümiň soňky düzümini- sement daşy üýtgedýär.

Inçe ownadylan klinker tutluşmanyň az möhleti bilen häsiýetlendirilýär (3-5min). Şunda esasy rol üçkalsili alýuminata degişli. Ol çalt gidratirlenýär, onuň gidratlary bolsa tiz dykyzlaşýarlar we kristallaşýarlar. Munuň netijesinde arassa görnüşde klinker önümçilikde ulanmaklyga ýaramly däl. Tutluşmany haýallatmakda gips uly kömek berýär, ol üçkalsili alýuminat bilen gowy reagirleşýär, we eremeýän duzy çalt emele getirýär- kalsiniň gidrosulfoalýuminaty  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ . Tutluşmany haýallatmagy sement dänelerinde  $\text{C}_3\text{A}$  bölejikleriň üstünde kalsiniň ýokary dispers gidrosulfoalýuminatynyň inçe ýorkasy (plýonkasy) bolýar, olar sement dänesine suwuň diffuziýasyny saklaýan bu gidratasiýanyň tizligini peseldýär we tutluşma tizligini hem peseldýär.

Goýberilýän gipsiň mukdary klinkerde  $\text{C}_3\text{A}$  saklanmasyna bagly. Eger gips ýeterlikli bolmasa emele gelýän gidroalýuminaty baglaşdyryp bilmeýär, netijede sement hamyryň wagtyndan öň koagulyasiýasy bolup geçýär. Gipsiň köp bolmagy hem zyýanly, gips erginde dissosirläp we kalsiniň ikiwalentli ionyny emele getirmäge ukyply, olar şeýle-de kolloidleriň koagulyasiýasyna getirýär. Mundan başga-da gipsiň köp bolmagy sement daşyň sulfat korroziýasyna hem getirýär. Şonuň üçin portlandsementde gips  $\text{SO}_3$  hasaplaňda 1,5 az 3,5% köp bolmaly däl. Şeýle gipsli portlandsement standartyň talaplaryna laýyk gelýär, has takygy onuň tutluşmasy 45 minutdan az bolman we suw guýlan wagtyndan 12 sagatdan gutarýar.

### **1.15.1. Aktiw mineral goşundynyň roly**

Aktiw mineral goşundynyň roly şulardan ybarat. Düzümi boýunça olar  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  bilen aktiw reagirleşýän

amorfly kremnezýomdan durýar. Netijede  $C_3S$  gidratasiýasynda emele gelen kalsiý oksidiniň ereýän gidraty, kalsiniň eremeýän gidrosilikatyna  $CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$  himiki baglanýar. Sementiň suwa durnuklylygy ýokarlanýar.

Portlandsementiň gatamasy onuň göwrüminiň deň üýtgemesi bilen bolýar. Eger proses howada bolup geçse çyglylygyň bugarmasynyň hasabyna suwda gatamada göwrüminiň azalmagy mümkin. Esasanam agram howply sebäbi onuň netijesinde gatan betonda jaýryklar emele gelmegi mümkin. Deformasiýanyň önüni almak üçin betonyň gatamasyny hasam birinji wagtlar çygly sreda-da geçmelidir. Eger suw bugarsa onda betonyň gatamasy togtayar.

Portlandsement suw bilen täsirleşende ýylylyk bölünip çykýar, munuň netijesinde massiw gurluşlaryň içinde temperaturanyň örän ýokarlanmagy mümkin ( $50-60^{\circ}C$  çenli), bu bolsa jaýryklaryň emele gelmegine ýol açýar. Şonuň üçin massiw gurluşlary taýýarlananda ýokary ýylylygyň köp bölünip çykması gurluşyk işleriniň önümçiliginde gowy täsir hem edýär, betonyň doňmasynyň önüni alýar.

### **1.15.2. Sement daşyň gurluşy**

Gatan sement daşy kristallik pugtalanmak we geleöwrüliş garyndylardan durýan mikroskopiki birjynsly däl sistemadan ybarat. Sement daşyň strukturasynyň birjynsly dälligi ondaky klinker däneleriň reagirleşmedik bölekleriniň bolmagy, we wagtyň geçmegi bilen olaryň mukdary azalýar. Adaty beton bilen analogiýa boýunça şeýle sement daşyň birjynssyz sistemany W.Ý.Ýung mikrobeton diýip atlandyrýar.

Sement daşyň strukturasyna gips we gidrawliki goşundylary hem täsir edýär. Olaryň däne düzümi dürli, mundan başga-da olaryň sement daşyň klinker komponentleri bilen reaksiýasynyň netijesinde täze önümler emele gelýär.

Kristalik we gelgörnüşli maddanyň fiziko-mehaniki özboluşlylyklary- sementiň käbir esasy gurluşyk häsiýetine täsir etmesiniň biridir.

Betonyň strukturasyna sement daşyň öýjük-öýjükligi hem uly täsir edýär, bu beton garyndyda suwuň başlangyç saklanmasy bilen we ony taýýarlananda ondaky howanyň mukdary bilen baglanyşykly. Ýerleşikli beton garyndyny almak üçin oňa gatama prosesinde himiki baglanyşýan sementden iki-üç gezek suw köp guýulýar. Sement bilen himiki reaksiýa gatnaşýan suwuň mukdary gatamanyň gowy şertlerinde sementiň massasyndan 15-20% düzýär, ýerleşikli garyndy üçin bolsa 40-60% suw gerek bolýar. Şeýlelikde guýlan suwuň köp bölegi erkin ýagdaýda bolýar we gatan daşda köp kiçi öýjükleri emele getirýär. Şonuň üçin sement daşyň has dykyz strukturasyny almak üçin suwy minimal bolan beton garyndylary ulanmaga çalyşýarlar, bu onuň berkligini we sowuga çydamlylygyny hem ýokarlandyrýar.

Sement daşyň strukturasy, esasanam onuň öýjük-öýjükligi we gelgörnüş maddanyň bolmagy, onuň çyglykly deformasiýalara ýakyndygyny görkezýär: öllenende ol (çişýär) giňeýär, guradylanda ol gyşarma berýär. Çyglykly deformasiýalaryň derejesi sement daşda geleöwrüliş we kristallik fazalaryň gatnaşygyna bagly; soňkynyň ýokarlanmasy bilen daşyň durnuklylygy şu şertlerde (howa durnuklylygy diýip atlandyrylýar) ýokarlanýar. Adaty portlandsement ýokary howa durnuklylyga eýedir.

Sement daşyň giňemesini we jaýrylmasy kalsiniň we magniniň erkin oksidleri hem sebäp bolup biler, olar sementde ýakmanyň hili pes bolanda emele gelýär.

### **1.16. Portlandsementiň esasy häsiýetleri**

Berklik ol gysylmada we egilmede berkligiň çägi bilen häsiýetlendirilýär. Sementiň markasyny nusgalygyny 40x40x160mm egilmesinde berkliginiň çäginde görkezijileri bilen

kesgitleýärler. Nusgalyklary (massasy boýunça) 1:3 düzümlü plastiki erginden taýýarlaýarlar, we 28 gije-gündizde barlaýarlar. Şu möhletin dowamynda olary çig şertlerde  $20\pm 30^{\circ}\text{C}$  temperaturada saklaýarlar. 28 gije-gündiz saklanan nusgalyk gysylmada berklik çäGINE sementiň aktiwligi diýilýär. Nusgalyklary taýýarlamak üçin hemişelik däne we himiki düzümlü arassa kwars ulanylýar, bu onuň hiliniň sementiň berkligine täsir etmezligi üçin we deňşdirerlik netijeleri almak üçin gowydyr.

Sement daşyň berkligi we onuň gatama tizligi klinkeriň mineralogik düzümine, sementiň üwemesiniň inçeligine, ondaky suwa, sredanyň çyglylygyna we temperatura hem-de saklanma möhletiniň dowamlylygyna bagly.

Sementiň berkligine mineralogiki düzümi hem uly täsir edýär. Portlandsementiň klinker minerallaryň berkliginiň ösme prosesi dürli. Üçkalsili silikat has tiz berklik alýar: 7 gije-gündizde 70% golaý 28 gije-gündizde berklikli. Onuň geljekki berkligi has haýallaýar.

Ikikalsili silikatyň gatamasy düýbünden dürli. Başlangyç hatarda  $\text{C}_2\text{S}$  kiçi berkligi alýar, ol üçkalsili silikatyň berkliginden 15% düzýär, ýöne soňky hatarlarda onuň berkligi tiz ýokarlanýar, we käbir hatarda  $\text{C}_3\text{S}$  berkligine ýetýär we ondanam geçýär. Bu  $\text{C}_3\text{S}$ -iň  $\text{C}_2\text{S}$ -den tiz gidratirlenýänligi bilen düşündirilýär. 28 gije-gündizki ösüşe çenli  $\text{C}_2\text{S}$  gidratasiýasy diňe intensiw giňemäne başlaýar. Şonuň üçin ýeterlik berlikdäki betony gysga möhletde almak üçin üçkalsili silikaty köp bolan sement ulanylýar. Oňa alit sement hem diýilýär, eger ýokary berklik has uzak wagtlap alynmasy gerek bolsa meselem gidrotehniki gurluşlar üçin, onda belit sement ulanmak gerek.

$\text{C}_3\text{A}$ -nyň bir mineralyndan durýan monomineral garyndy üçin pes berklik häsiýetli. Sement bolan polimineral garyndylarda bolsa üçkalsili alýuminat kolloid silikat massalaryň dykzlaşmasyna ýardam edýär, sement daşyň berkliginiň we onuň gatama tizliginiň ýokarlanmasyna getirýär.

Tizgataýan sementiň düzüminde ýagny gysga möhletde ýokary berklikli sementiň düzüminde  $C_3S$  we  $C_3A$  (60-70% töweregi, şol sanda 10% çenli  $C_3A$ ) köp mukdary bolýar.

#### *Üweminiň inçeligi.*

Üweminiň inçeligi sement daşyň berkligini kesgitleýän faktor. Portlandsementiň üweminiň inçeligini kesgitli bir çäkke ýokarlandyrdygyňça sement daşyň berkligi ösýär. Zawodlaryň çykarýan portlandsement däneleriniň orta ölçegi, 15-20 mkm, 30-40 mkm dänelilerem bar. Şeýle däneleriň gidratasiýasynyň çuňlугy 6-12 aý gatamasyndan soňra köplenç 10-15 mkm geçende üwemiň inçeliginiň ýokarlanmasy bilen sementiň gidratasiýa derejesi, ýelmeýji maddalaryň (minerallaryň gidratlary) saklanmasyna we sement daşyň berkliginiň ösmesine getirýär. Zawod sementleri N008 torly elekde 15 %-den köp bolmadyk galyndy bilen häsiýetlenmeli, köplenç ol 8-12% deň. Başga-da udel üsti ( $sm^2/g$ )-dänäniň summar üsti,  $sm^3$  bilen häsiýetlendirilýär, 1g sementdäki. Zawod sementleri üçin ol 2500-3000  $sm^2/g$ . Käwagt sementiň aktiwligini ýokarlandyrmak we tiz gataýan sement almak üçin üwemiň inçeligini 3500-4000  $sm^2/g$  çenli ýokarlandyryşlar.

#### *Çyglylygy we temperatura.*

Çyglylygy we temperatura edil ýokarky ýaly sement daşyň berkligini şertlendirýär. Sement daşyň gatamasynda çyg şertleri tejribelikde dürli usullar bilen döredýärler: betona suw guýýarlar, beton gurluşlary öllenen agaç galyndylary (opilka) bilen örtýärler käbirýerlerde çäge bilen örtüp ony wagtal – wagtal suwaryp durýarlar başga-da bitum emulsiýalar we beýleki materiallar bilen örtýärler olar bug geçirmeýän örtük emele getirip betondan suwuň bugarmasynyň önüni alýar.

Sement betonynyň ösmegine suwuň temperaturasy hem uly täsir edýär. Klinker minerallar we suwuň arasyndaky himiki reaksiýalaryň tizligi şeýle-de sementiň gidratasiýa önümleriniň dykzlaşma tizligi hem temperaturanyň ýokarlanmasy bilen ösýär. Sement daşyna garşy tejribede temperaturaň giň diapozonynda bolup geçer : 15-20°C



temperaturada normal gatama  $70^0$ - $100^0\text{C}$  bugartma we atmosfera basyşy bilen, 0,9-1,6 Mpa doýgun bugyň basyşynda awtoklaw gaýtadan işleme we has ýokary  $174,5$ - $200^0\text{C}$  temperaturada we has ýokary, we otrisatel temperaturada gatama basyş astynda bugarmada (awtoklaw) sement daşyň berkligi has çalt ösýär 4-6 sagatda sement marka berklige eýe bolýar. Bu normal basyşda iki esse haýal geçýär. Belit sementler awtoklaw gaýtadan işlemede has tiz gataýar. Alit sement üçin bu effekti berende ýöne muny betonyň düzümine döwülen kwars çägäni goşup bu effekti ýokarlandyryp bolar.

Otrisatel temperaturada gatama doly diýen ýaly durýar, suw doňýar. Ýöne gatama elektrolitleriň  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$  goýundy arkaly dowam etdirilip biliner. Suwda erän maddalaryň konsentrasiýasynyň ýokarlanmasy bilen onuň doňma temperaturasy peselýär, hlory duzlar semendiň gatamagyny tizlendirýär. Ýöne demirbeton gurluşlarda 2% köp ulanmaly däl, armaturyň korroziýasyna getirmegi mümkin.

Sementiň uzak möhlet saklanmasy

Sementiň uzak möhlet saklanmasy iň ýaramly şertler bolanda-da özi bilen käbir berkliginde ýitgileri getiýär: 3 aý saklananda ol 20%, 1 yldan 40% ýetýär. Has inçe üwelen sement berkligini has köp ýitirýär, sebäbi howanyň çygy bölejikler bilen täsirleşip wagtyndan öň gidratasiýa girýär. Sementiň aktiwligi ony 2 gezek üwäp dikeldip bolýar.

### **1.16.1. Sementiň we betonyň himiki we fiziki agressiw faktorlaryň täsirine durnuklylygy**

Portlandsement betonyna we erginine käbir tebigy suwlar, senagatyň erginli suwlary, dürli suwuklyklar agressiw täsir edip bilýär. Korroziýanyň bolup geçme tizligine diňe bir daş töweregiň agressiw derejesi bagly bolman, beýleki käbir faktorlaryň hem täsiri ýetýär: olardan portlandsementiň düzümi, ergin bilen betonyň dykzlygy, konstruksiýanyň

üstüne düşýän agressiw ýagdaýyň tizligi, daş-töweregiň temperaturasy onuň ýagdaýynyň güýjemegine getirýär. Köplenç betonyň himiki korroziýasy zyýanly fiziki täsirler bilen birleşýär:olar üýtgäp duran doňaklykda we doňy erän ýerler hem-de hemişe çyglanma bolup duran ýerlerde, betonyň guramagynda, mineral suwlaryň betonyň kapilýarlaryna düşüp suwuň bugarmagy bilen duzlaryň kristallaşmagynda bolup bilýärler. Şolar ýaly fiziki täsirler binalaryň gözýetimde üýtgäp duran böleginde bolýar, köplenç bu ýagdaý betonyň ýumrulmagyna getirýär. Alymlar sement betonynyň we ergininiň korroziýasyna garşy köp üns berdiler. Mysal üçin inžener Awgustinowicz 1868-nji ýylda Odessanyň portyny guranda deňiz binasynyň uzakdurmaklygyny ýokarlandyrmak üçin betonyň düzümine gidrawliki goşundy goşýar. Betonyň korroziýasy üçin A.A.Baýkowa, C.K.Družinina, B.A.Kinda we b. korroziýa garşy wajyp göreşmegiň ýolyny kesgitläpdirler.

### **1.16.2. Portlandsement ergininiň we betonynyň suwadurumsyzlyga ýetmezçiliginiň sebäpleri**

Portlandsement erginini we betonyny korroziýa uçradýan dürli suwlaryň täsiriniň ýetirýän esasy faktorlary: a). Portlandsement daşynyň düzüminde käbir bölekleriň, gatan bölekleriň suwda fiziki eremegi birinji bilen gidroksid kalsi; b).Sement daşynyň düzüminiň gatan bölekleriniň suwda saklanýan erkin kislotalary bilen özara baglanyşygy;

Tebigy suwuň agressiw täsiri 5 görnüşli bolup aşakdaky jedwelde görkezilen

Tebigy suwlaryň agressiw täsiriniň klassifikasiýasy tabl. 3. görkezilen

### **1.16.3. Duzly suwlaryň ýumurmagy**

Beton binalaryň güýçli depginde ýumrulma sezewar bolmagy ol binalaryň suwuň badynyň güýçli ýa-da gýçsiz

ýerinde ýerleşmegine bagly, iň soňunda-da binanyň üst ýüzüne gelip degýän suwuň hereketiniň tizligine bagly. Beton binany suwuň ýönekeý ýuwmagy assa ýuwaş betonyň içine suwuň süzülip girmegine getirýär we sement daşyndaky kalsiý oksidiniň gidratyny aşgarlaýar, ýöne bu ýagdaýda aşgarlanmagyň tizligi gaty ýokary däl.

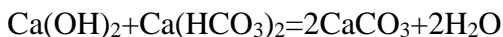
(Tabl. 3)

1	2
Agressiwligiň görnüşi	Suwuň agressiwlik derejesiniň kesgitlenilişi.
Aşgarlama	Suwuň gidrokarbonat talhlylygy (aşgarlygynyň) , mg-ekw/L
Umumy kislotalylygy	Suwuň wodorod görkezijisiniň ululygy (pH)
1	2
Kömürturşy	Suwuň agressiw kömürkislotasyny saklamagy (ýa-da erginde kömürkislota bilen bir wagtda bar bolan $\text{Ca}^{++}$ , Cl we $\text{SO}_4^{--}$ -ionlary)
Sulfatly	Suwda $\text{SO}_4^{--}$ -ion bolmagy (Cl-ionyň bolmagynyň hasabyna)
Magneziýally	Suwda $\text{Mg}^{++}$ -ionynyň bolmagy ( $\text{SO}_4^{--}$ -ionynyň saklanmagynyň hasabyna)

Bu ýagdaý binalara gelip urýan suwuň bady güýçli bolan ýagdaýda ýokarlanýar. Tejribeleriň görkezmegine görä suwuň bady güýçli boldugyça betonyň suw geçirijiligi has köpeliýär. Betonyň diwary ýuka bolanda, suw ondan filtirden geçen ýaly bolup geçip, betonyň tiz ýumrulmagyna getirýär.

Aşakda biz diňe fiziki-himiki proseslere seredip geçeliň: Ýokardaky bölümlerden mälim bolşy ýaly portlandsementiň gatamagynda iň soňky önüm  $\text{Ca(OH)}_2$  tobermorita meňzeş gidrosilikat seriýaly CSH(B) durnukly  $\text{C}_2\text{SH}_2$ , gidrosulfoalýuminat, gidroalýuminat we gidroalýumoferrit kalsiý bolup durýar, bu birleşmeleriň hemmesi suw sähelçe galtaşanda hekiň erginini berýär, biri – dolylygyna ereýär, beýlekiler dargaýar. Şeýlelikde sement daşyna suwuň uly mukdary täsir edende ilki bilen  $\text{Ca(OH)}_2$ -i ereýär, şol wagtda ol aşgarlanan bolýar we hekiň doýgun konsentrasiýasy mundan beýläk gabat gelmeýär.  $\text{C}_2\text{SH}_2$  dargamagy başlaýar, soňlygy bilen gidrosilikat seriýa CSH(B) öwrülme bolýar. Birwagtda gidroalýuminat kalsiniň gidrolize dargamagy bolup geçýär. Betonda suwuň aşgarlanmagyna sebäp bolýan, onuň düzüminde bikarbonat kalsi bilen bikarbonat magniniň saklanmagydyr:  $\text{Ca(HCO}_3)_2$  we  $\text{Mg(HCO}_3)_2$  ýagny, suwuň wagtlaýyn talhylygy diýlip häsiýetlendirilýän. Suwuň wagtlaýyn talhylygy näçe az boldygyça, şonçada betonyň aşgarlanmagyna täsiri güýçli bolýar we tersine. Esasanam beton distillirlenen suwda ýa-da tebigy suwda, ýagny düzümi distillirlenen suwa golaý suwlarda tiz korrodirlenýär. Belleýişlerine görä gardan emele gelen dag derýalaryň suwlary betonyň ýumrulmagyna ep-esli ýagdaýda zeper ýetirmäge has golaý bolýar.

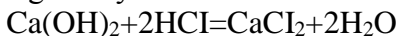
Suwuň ýokary wagtlaýyn talhylygy käbir ýagdaýlarda peýdaly täsir etmegi hem mümkin. Käbir ýagdaýlarda eremeýän kömürturşykalsiniň döremegine derek, bikarbonatkalsiý bilen magniý gatap barýan sementdäki hek bilen özaratäsirleşýär. Ol betonyň dykzlygyny ýokarlandyryp assa-ýuwaşdan konstruksiýanyň üst ýüzünde suw geçirmeýän gatlak döredýär.



Netijede betonyň ýüzünde karbonizasiýa bolup geçýär.

#### 1.16.4. Turşy suwlaryň ýumurmagy

Suwda erkin mineral we organiki kislotalar bolanda kalsiý gidroksidiniň eremegi ep-esli tizlenýär. Munda diňe bir fiziki eremeklige (aşgarlanmaklyga) gözegçilik edilmän eýsem, himiki eremekligide gözegçilige alynýar. Daşyndan bir mysal alyp görenimizde (diýeli duz kislotada) bu proses şular ýaly deňleme görkezýär.

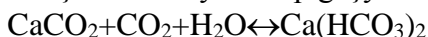


Ion görnüşinde  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$

Turşy suwlar portlandsement betonyny ýumurşy ýaly pussolon we şakly portlandsementleri hem ýumurýar. Suwuň pH-y az boldygyça, betona suwuň agressiw gatnaşygy has-da ýokary bolýar.

#### 1.16.5. Kömürturşy suwlaryň ýumrulma täsiri

Kömürturşy korroziýasynyň karbonat jynsyna bolan gatnaşygynyň seriýasy alymlar (Orlow I., Aukinim O.A., Laptewyň F.F. we b.) tarapyndan gowy işlenip düzülen. Bu teoriýanyň köp ýagdaýlary betonda hem kabul edilen. Kābir ýagdaýlarda betonyň üst ýüzüne suwuň hereketiniň ýetirýän täsiri dürli görnüşli bolýar. 1) gatap barýan sementdäki erkin hek tebigy suwdaky kömür kislotanyň täsiri astynda betonyň üst ýüzünde kömürturşy kalsa öwrülýär. 2) kömürturşy kalsa öwrülme bilen suwdaky kömür kislotasy bilen reagirleşip öwrülişikli reaksiýa bolup geçýär.



Bu reaksiýa haçanda  $\text{CO}_2$  we  $\text{Ca(HCO}_3)_2$ -iň konsentrasiýalary suwda deň gatnaşykda bolanda togtaýar. 3) tebigy suwlarda hemişe  $\text{Ca(HCO}_3)_2$  bikarbonat kalsiniň birnäçe mukdary saklanýar, bu mukdary erginde saklamak üçin erkin kömür kislotasynyň kesgitlenen mukdarynyň öwrülişikli reaksiýanyň güýji talap edilýär. Bu kömürkislotada (deňölçegli

diýilýär) beton üçin zyýanly däl, sebäbi barybir ol  $\text{CaCO}_3$ -y eredip bilmeýär. Egerde suwda kömürkislotanyň deňölçegli mukdaryndan artykmajy saklanýan bolsa, onda ol artykmajy  $\text{CaCO}_3$  bilen reagirleşmegi mümkin. Bu ýerde artykmajyň bir bölegi bikarbonat kalsiniň ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) döremegine harçlanýar, galan ikinji bölegi bolsa kömürkislotanyň mukdarynyň üstüni doldurmaga harçlanýar. Şol ikinji bölek bikarbonat kalsiniň emele gelmegine harçlanýan kislota agressiw kömürkislotasy diýilýär. Onuň mukdaryny ýörite eksperiment geçirmek arkaly ýa-da hasaplama ýoly bilen kesgitleýärler. 4) kömürkislotanyň agressiwligi köp derejede örän köp faktorlara bagly, olardan iň esasylary agressiw kömürkislotanyň saklanmagynyň köp bolmagy, ýene-de suwda baglaşan kömürkislotanyň saklanmagy. Bir söz bilen aýdanda bikarbonat kalsiý we betonyň üst ýüzünde suwuň tizliginiň çalyşmagy, geçirilen eksperimentleriň takykklamagyna görä, agressiw kömür kislotanyň mukdary birmeňzeş bolan birnäçe suwlarda, has agressiwligi ýokary karbonat kalsini az saklaýan suwlar, ýagny wagtlaýyn talhylygy az bolan suwlardyr.

### **1.16.6. Korroziýa garşy göreş**

Gidrotehniki we ýerasty gurluşyklarda beton binalaryň korroziýasyna garşy gidroizolýasiýa etmeklik ýola goýlan ol bir wagtda gymmat düşýän usul. Bu maksat bilen binalaryň üst ýüzüni suwuň badyndan goramak üçin dürli suw geçirmezek (ýa-da kyn suw geçirýän) maddalar ulanýarlar. Suwdan goramak üçin bitum çalmak, suw geçirmeýän sintetiki material, asfalt ergininiň inçe gatlagy ýa-da tebigy daş, keramiki plita käbir ýagdaýlar üçin metal listler ulanylýar.

Ýene-de bir korroziýa garşy usul ol betonyň hemme massasynyň dykzlygyny köpeltmek munuň üçin beton suw geçirmezligi ýokary bolan sementden taýýarlanýar (mysal üçin pussolon sement) suw sement gatnaşygyny azaldýarlar, emäý

bilen däne görnüşli düzümleriň gowuzyny doldurýarlar, gowy dykyzlandyrma alynýar, wakkumirlenýär we b.Beton näçe dykyz boldygyça şonça-da betona suw syzylmagy az bolýar we korroziýa döremegine az täsir döredýär.

### **1.17. Sementiň görnüşleri. Tiz gataýan portlandsement**

Tiz gataýan portlandsement (TGP) ýöbnekeý portlandsement bilen deňeşdireniňde has ýokary derejä eýedir, sebäbi gatamagyň başlangyç hatarynda berkligiň ösmegi TDS 10178-85 we TDS 10178-85 laýyklykda ol şu şertlere laýyk gelmelidir.

- a) erginiň gaty konsentراسيýasynda barlag geçirilende GOST 310-41 laýyklykda gysylmada berkliginiň çägi 3 gije-gündizde  $300 \text{ k}\Gamma/\text{sm}^2$  az bolmaly däl. 28 gije-gündizde  $500 \text{ k}\Gamma/\text{sm}^2$  berkligi gabat gelmeli
- b) erginiň maýyşgak konsentراسيýasynda geçirilen barlaglara görä GOST 310-60 laýyklykda gysylmada berkliginiň çägi 3 gije-gündizde  $200 \text{ k}\Gamma/\text{sm}^2$  az bolmaly däl we 28 gije-gündizde  $350 \text{ k}\Gamma/\text{sm}^2$  berklige gabat gelmeli, 3 gije –gndizde öwrülme berkliginiň çägi  $35 \text{ k}\Gamma/\text{sm}^2$  az bolmaly däl.

Tiz gataýan sement poligonlary, tiz gurulmaly gurluşyklarda ulanmak üçin niýetlenýär. Şular ýaly sementleriň ulanylmagy önümçilik prosesini tizleşdirýär, gysga wagtda gurluşygyň gutarmagyna mümkinçilik berýär. Häzirki wagtda tiz gataýan portlandsement öndürmeklik giňden ýaýran. (TGP).

Tiz gataýan sementi öndürýän zawodlar üçin önümiň hiliniň gowy bolmagy onuň ulanylýan çig malyna bagly bolup durýar, soňlygy bilen onuň himiki düzümine bagly, ýagny zyýanly galyndylary düzüminde saklanmagyna (mysal üçin aşgarlar). Tiz gataýan sement taýýarlamak üçin çig mal garyndyny aýratyn seresaply taýýarlamaly, çig mal

komponentiň üwemi hökmany örän has inçe bolmaly. Tiz gataýan portlandsement adatydan gatamanyň birinji hatarynda berkliginiň has güýçli ösmegi bilen tapawutlanýar. Bu sementiň has inçe üwelmesi bilen we onuň himiki we mineralogiki düzüminiň kadalaşdyrylmasy bilen alynýar.

Tiz gataýan portlandsement üwelende aktiw mineral goşundylary 10% köp bolmadyk mukdarda goşmaly, domna granulirlenen şlaklary bolsa massasy boýunça 15%. Klinkeriň bişirilmegi (ýakylmagy) hökmany aýlanýan peçde ýangyjyň külsiz görnüşiniň ulanylmagynda ( gaz ýa-da mazut) geçirilmeli. Tutluşma zonasynyň optimal häsiýetini barlaglar esasynda kesgitlemeli (aýratyn ýa-da golaý, gysga ýa-da uzaga çekýän). Tutluşma golaý we gysga zonada geçende tiz gataýan ýokary hem-de ir berkeýän netijäni berýär. Klinkeri sowatmagyň režimi hökmany gysga bolmaly. Onuň üweminde gipsiň optimal goşulmagy, klinkeriň has inçe üwelmegine uly täsir edýär.

Sementiň tiz ýa-da haýal gatamagyna uly täsirini ýetirýän onuň mineralogik düzümi, tiz gataýan portlandsementi almak üçin onuň düzüminde ýokary mukdarda minerallar üçkalsiýsilikat we üçkalsiýalýuminat saklaýan mineral klinker bolmaly we az mukdarda aktiwligi pes ikikalsiýsilikat we alýumoferrit faza saklanmaly. Her bir zawotda klinkeriň optimal mineralogik düzümi çig malyň aýratynlygy hasaba alnyp we tehnologiki enjamlar göz önünde tutulyp kesgitlenilýär. Tiz gataýan portlandsementiň klinkeri esasan  $C_3S$  50-55% we  $C_3A$  8-11%,  $C_3S + C_3A$  ikisiniň jemi 60-65 %-i düzmeli we  $CaO$ -niň çakli mukdaryny (0,5% çenli) saklaýar. Tiz gataýan sementi, ýokaryberklikli adaty we öňden dartylan demirbeton önümlerde we gurluşlarda şeýle-de monolit betondan gurluşlarda ulanylýar.

Tiz gataýan portlandsementiň gatamak tizligini ýokarlandyrmak üçin has inçe üwelmegi onuň otrisatel tarapy degirmeniň öndürijiligini ýiti pese düşürýär, üwemek üçin harçlanýan elektroenergiýanyň çykdaýjysy ýokarlanýar, uzak



saklanmakda inçe üwelen sementiň aktiwligi tiz peselýär. Şol ýagdaýlardan çykmak üçin inçe üwelen sementi ýöriteleşdirilen bitumirlenen çyg geçirmeýän kagyz tarlarda ýa-da üwelende gidrofobizniý goşundy goşmaly bolýar.

Her bir sement öndürilýän kärhanalarda gips goşmagyň optimal prosentini örän takyklykda ýerine ýetirilmelidir ( alýuminat we alýumoferrit kalsiniň saklanyşyna, aýna görnüşli fazanyň mukdaryna, sementiň üweminiň inçeligine, sement poroşogynyň degirmenden çykan wagtyndaky temperaturasyna we başgada köp faktorlara bagly). Gipsiň optimal mukdaryny gurnamaklyk kärhanalaryň tejribeanalarynda ýörite usul boýunça ýerine ýetirip bolýar. Gipsiň sähelçe artykmaç düşmegi gidrosulfoalýuminatlyga getirip sementiň göwrüminiň hemişeligine zeper ýetirýär. GOST 970-61 we TDS 10178-85 laýyklykda tiz gataýan sementde sulfitiň  $\text{SO}_3$ -iň saklanmagynyň ýokary çägi ýönekeý portlandsementiňki ýaly – 3,5% bolmaly.

### **1.17.1. Sulfatadurnukly portlandsement**

Sulfatadurnukly portlandsementi çäklendirilen mineralogiki düzümlü klinkerden taýýarlaýarlar (% , köp däl)  $\text{C}_3\text{S}$ - 50%,  $\text{C}_3\text{A}$ -5%,  $\text{C}_3\text{A}+\text{C}_4\text{AF}$ -22%. Inert we aktiw mineral goşundylaryň goşulmasyna ýol berilende  $\text{C}_3\text{S}$  ýeterlik we  $\text{C}_3\text{A}$  az saklanýan sulfatadurnukly sement, belit, sementdir we başlangyç möhletde haýal gataýan we az ýylylyk bölüp çykarýandyr. Sement 300 we 400 markaly çykarylýar galan talaplar edil portlandsementiň talaplary ýaly. Klinkeriň üwelmesinde gidrawliki goşundy hökmünde 15%-e golaý granuilirlenen domna şlagy goşulýar, galan minerallaryň goşulmagyna ýol bermeli däl olar sowuga çydamlylygyny peseldýär.

Sulfatadurnukly portlandsement mineralizirlenen we arassa suwlarda işleýän betonlary taýýarlamak üçin ulanylýar.

### **1.17.2. Ak portlandsement**

Ak reňkli portlandsement reňkleýji okisleri (demir, marganes, hrom) minimal bolan çig mal materiallardan alýarlar. Çig mal hökmünde arassa hek daşyny, ýa-da mermeri we ak kaolin ulanyp bolýar, ýangyç hökmünde klinkeri küli bilen hapalamaýan gaz ýa-da mazut ulanylýar. Sementiň üwemi has inçe N008 torly elekde galyndy 10% köp bolmaly däl.

Ak sementiň esasy özboluşlylygy, onuň dekoratiw material hilini kesgitleýän- onuň aklyk derejesi, şonuň üçin sement 3 sorta bölünýär – AS-1 we AS-2, AS-3. Ak sement 3 markaly – 300, 400 we 500. Tutluşma 45 min başlamaly, soňy-10 sagatda gutarmaly.

Ak sementi diňe ýapyk gapda transportirleýärler we uzak möhlet saklaýarlar.

Reňkli portlandsementi ak reňkli klinkeri reňkli we aşgarnukly mineral reňkleýjiler bilen üwemek usuly arkaly alynýar: ohroý, demir surik, ultramargenshromyň okisi, saza. we b.

P.I.Boženow reňkli sementleri almak üçin taýýarlanma prosesinde çigmal garynda käbir metallaryň okislerini goşmagy teklipti (0,05-1%). Hromyň okisi (sary-ýaşyl reňk), marganesiň(gök we barhat-gara), kobalt (goňur) okisleri effektiw reňkleýär, özem munda kän duşmaýan klinker alynýar, bu reňkleri reňkli sementleri pigmentler bilen garanynda-da alyp bolmaýandyr. Dürli reňkilige klinkeriň mineralogiki düzümi hem täsir edýär.

### **1.17.3. Azbest**

Azbest-ýylylyk geçirmeýän materiallaryň önümçiliginiň esasy çig maly bolup durýar, üsti ýokary temperaturadan örän gowy saklaýar. Gazanyň, awtoklawyň, turbageçirijileriň we b. ulanylýar.

Ýylylyk geçirmeýän materialy öndürmek üçin çig malyň esasy bolup durýan hrizotol-asbestdir. Bu onuň süýümleriniň has berkligi we çýeligi azbestiň beýleki görnüşlerine görä ýokarydyr. Olar biri-biri bilen gowşak birleşýärler we süýümleri biri-birinden aňsatlyk bilen aýrylýarlar. Ondan başga-da hrizotol azbestiň tebigy gory azbestiň beýleki görnüşlerine garanda köp duşýar. Ýylylyk geçirmeýän önümleri öndürilýän kärhanalarda azbest baýlaşdyrylýar, ýagny dag jynslaryndan aýrylyp (azbest magdanyndan) we bölekleyin raspuşenniý baýlaşdyrylan azbest garyndysy ownuk bogumly we süýümleri aýratyn dürli uzynlykda bolýar. Azbestiň raspuşkasy hemme görnüşli azbest öndürilýän materiallaryň başlangyç tehnologiýa prosesiniň birinji basgançagy bolup durýar. Iki sany agyr katok dyngysyz aýlanyň durýar. Azbestiň esasynda typyp duran (tozaöwrülen) material, rulon we sanma -san önümler (plita, ) görnüşli öndürilýär.

Düzümine baglylykda material öz arasynda iki topara bölünýär: azbestli ýagny diňe azbest süýüminden durýan we düzüminde asbest saklaýan ýagny düzüminde azbestden başga-da berkidiji häsiýeti berýän komponentler bolýar.

Azbes kagyzy- bu list ýa-da rulon material bolup azbestden ýasalan köp mukdarda bolmadyk ýelimleýän goşundy madda bolýar (köplenç azbestiň massasynyň 5%-ni krahmal tutýar).

#### **1.17.4. Azbestsement**

Azbest sement sementden azbestden we suwdan durýan garyndynyň gatamagy netijesinde alynýan emeli daş material. Azbest sement daşy bilen armirlenende önüme dartylmada öwürümlerde örän ýokary berklik berýär. Azbest sement önümi özüniň tehniki häsiýeti boýunça gymmatly önüm (material) ol materialdan öwürümler edilende ýokary mehaniki berkligi berýär, göwürüm massasy uly bolmadyk, az ýylylyk geçiriji we

suwgeçirmeýän, ýokary sowugadurumly we odaçydamlylygy bilen tapawutlanýar.

Azbestsementiň bu sanalan häsiýetleri bu materialdan ýasalan önümleriň assortimentini giňeldýär. Azbestosementiň bir ýetmezçiligi doýgun suwlarda berkliginiň pes bolmagydyr (ýagny suwda köp duranda çyglanma durumsyz).

Azbestsement önümçiliginiň esasy çig maly hrizotil azbest himiki formulasy  $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ýagny ol gidrosilikat magniý ýawlyaetsýa we portlandsement bolup durýar. Işlenilýän önümiň görnüşine baglylykda ýene-de ulanyljak azbestiň hiline (sortyna) baglylykda azbestiň goşulmagy 10-20% çäklerde bolýar. Portlandsementi bolsa 80-90% saklaýar. Köplenç arassa däl portlandsement, ýagny granulirlenen domna şlagy, trepelli we başga goşundyly portlandsement ulanylýar. Ondan turbalar ýaşıklar, jaýlaryň örtügi çerdak üçin örtgüler we beşleki önümler öndürilýär. Azbest turbalar naporly, naporsyz we wentilýasion turbalar üçin ulanylýar. Naporly turba suwgeçiriji setlerde işçi gidrawliki basyşy 0,3-den 1,5 MPa çenli basyşda ulanylýar.

Azbestsement- önümi üçin 300, 400, 500 markaly portlandsement ulanylýar. Mineralogiki düzümi boýunça ol alit ( $\text{C}_3\text{S}$ )-yň saklanmagy 50%-den az bolmaly däl. Portlandsementiň  $\text{C}_3\text{A}$  -ty saklamagy 8%-den ýokarlanmaly däldir ol azbestsement önümine az berklik we sowugadurnuklylygyny peseldýär. Sementde erkin  $\text{CaO}$ -niň mukdary 1%-den ýokary bolmaly däl  $\text{MgO}$ -i 5%-den geçmeli däl. Azbestsementiň üweminiň inçeligi N008 elekden 85% az bolmadyk we 94%-den köp bolmadyk aralykda geçmeli. Tutluşmak wagtyny kadalaşdyrmak üçin 1,5%-den az bolmadyk we 3,5%-den köp bolmadyk mukdarda gips goşulýar. Gipsiň artykmaç kop goşulmagy portlandsement üçin zyýanly, ol önümiň berkligini peseldip betony gowşatmagy mümkin.

### 1.18. Glinozýom sement.

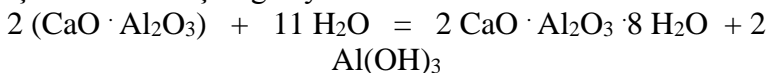
#### Onuň önümçiligi, himiki we mineral düzümi

Glinozýom sementi kadaly tutluşýan, çalt gataýan ýokary derejede berk gidrawlik berkidiji maddadyr. Düzüminde, esasan kalsiý silikaty bolan portland sementinden tapawutlylykda glinozem sementi, esasan pes esasly kalsiý alýuminatyndan durýar. Şol sebäpli oňa kähalatda alýuminat sementi hem diýilýär .

Glinozýom sementini öndürmek üçin çig mal hökmünde boksitler we hek daşlary hyzmat edýärler. Adatça şol maksatlar üçin gazylyp alynýan boksitleriň pes hillileri ulanylýar (düzüminde  $\text{Al}_2\text{O}_3$  43-55% -e ýetýär ).

Boksitden we hek daşyndan ybarat bolan çig garyndyny  $-1500^{\circ}\text{C}$  -den ýokary temperaturalarda ýakýarlar. Alnan daş görnüşli jisimi ilki owardýarlar, ondan soň ownuk poroşoga çenli üweýärler.

Glinozem sememntinde bar bolan himiki birleşmelerden iň wajyby kalsiý alýuminatydyr. Ol sementi örän gysga möhletde (22 - 24 sagat) ýokary derejede berkligi alar ýaly edýär. Sementde onuň mukdary 8- - 85 % - e ýetýär. Alýuminatlaryň içinde has ähmiýetlisi bir karbonatly alýuminatdyr ( $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ , gysgaça CA). Ol suw bilen täsir edişende sement çalt gataýar:



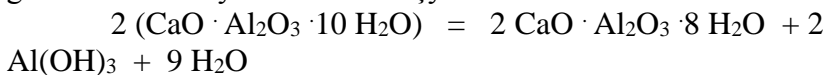
Bu proses basgançaklaýyn geçýär. Ilki  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  gidratlaşyp  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$  ( $n$  – şertleýin 10 – a deň diýip alynýar) emele gelýär we birnäçe sagadyň dowamynda gele öwrülýär. Şol wagt sementiň tutluşmasy geçýär. Onuň tizligi portlandsementiň tutluşmasynyň tizligi ýalyrak bolýar. Alynýan gel durnukly däl

Glinozýom we portlandsementiniň düzümi :

(tabl.4)

Elementler	oksidler	Mukdar, massa %		
		adaty	Ýokar esasly	Portlandsementi
Al	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40	70	7,0
Ca	Ca	40	26	65,0
Si	SiO <sub>2</sub>	10	2	22,5
Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10	2	4,0
Na+K	NaO <sub>2</sub> +K <sub>2</sub> O	-	-	0,5
Mg	MgO	-	-	1,0

ondan sekiz suwly iki kalsiýli gidroalýuminaty we alýuminiý gidroksidi bölünýär we kristallaşýar:



Bu reaksiýa örän çalt geçýär. Bölünip çykýan suw sementiň reagirlaşmedik bölejikleri bilen özara täsir edişýär. Sement daşynyň berkligi çalt ýokarlanýar. Eýýäm bir gije – gündizden soň gysylmaklyga we dartylmaklyga örän uly garşylyk görkezýär. Üç gije – gündiziň dowamynda doly gatap ýetişýär: ahyrky berklik derejesini alýar. Portland sementi bolsa bir gije– gündizden ýetýän berklik derejesi boýunça glinozem sementiniňkiden 3 ,5 esse pes bolýar.

Glinozem sementi kadaly gidratasiýalaşmada köp mukdarda suwy himimki baglanyşdyrýar. Reaksiýanyň deňlemesinden görnüşi ýaly 57 % suw gerek. Şeýlelikde glinozem sementiň öz massasyndan 30- 45 % - i baglanan suw bolýar. Portlandsementiniň baglanan suwy 15 – 20% töweregi bolýar. Şol sebäpli glinozem sementinden alnan daşyň öýjükliligi portland sementiniňkä görä iki esse az bolýar.

Erkin kalsiý gidroksidi bolmany sebäpli ilki sement portlandsemente görä suwa has durumly bolýar. Ol sulfat korroziýasynada durumly materialdyr.

Emma glinozem sementi aşgaryň gowşak erginleriniň täsirinede çydamayar. Şol sebäpli ony portland sementi we hek bilen garyşdyrmak bolmayar we aşgar bar bolan ýerlerde ulanmak bolmayar.

### **1.18.1. Glinozýomli sementiň önümçiligi üçin çig mal serişdeleri**

Glinozýomli sementiň çig maly bolup boksit we hek daşy hyzmat edýär. Glinozýomli sementiň önümçiliginde kaolinden, alýunitden glinozýem önümçiliginiň zyňyndylary we kbir beýleki maddalar hem ulanyp bolýandygy geçirilen barlaglar netijesinde mälim edildi. Käbir ýagdaýlarda düzüminde alýuminiý oksidi az bolsa tersine  $\text{SiO}_2$  köp mukdarda bolsa bu maddalar ep-esli tehnologik kynçylyk döredýär, sementiň hilini peseldýär we bahasyny beýgeldýär.

**Boksit diýlip** - dag jynsy bolan, esasan alýuminiý oksidiniň gidratlaryndan we düzüminde toýunly maddalaryň galyndylary bolan, kwarssaklaýjy jynslar, demirgidroksidi we b.äýdylýar. Daşky görnüşi boýunça boksitler toýunsow jynsly dürli dykzlykly we dürli reňkli bolýar. Boksit gyzyly reňkli bolmaly, ýöne gülgüne, sary we ak reňkli duş gelýär. Boksitiň reňki onuň düzüminde girdoksit we perowskit mineral görnüşinde bolýar, kremnezýom kwars çägesi görnüşli, kremniý kislotasynyň geli we toýunsow minerallaryň düzümi, allofana , kaolinit, galliazit ýygy-ýygydan duş gelýär. Garyndynyň hil tarapy bolup karbonat kalsiý we karbonat magniý, gips, limonit, margensiň birleşmeleri, fosfor, hrom, natriý, kaliý we beýleki elementler durýar. Himiki düzümi boýunça boksitler birmeňzeş dälirler. Düzüminde käbir oksidleriň bolmagy şy çäklerde aýlanýar.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -30-70%;  $\text{SiO}_2$ -2-20%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -2-40%;  $\text{TiO}_2$ -0-5% baglaşan azot 10-25%.

Boksitiň udel agramy  $2,2-2,3 \text{ } \Gamma/\text{sm}^3$ , gatylygy -2-6, eremek temperaturasy-  $1650-1900^\circ\text{C}$  deňdir. Glinozýomly sement öndürmekde boksitiň zerurlygy kremniý modulynyň

ululygy bilen bahalanýar (hil koefisienti)  $Al_2O_3$  agram düzüminiň  $SiO_2$  bolan gatnaşygy bilen görkezilýär. Önümçilikde ulanyljak sementde boksitiň hil koefisientiniň ululygy 2-den köp bolmaly. Glinozýomly sementiň önümçiligi üçin ulanyljak hek daşynda  $SiO_2$  1,5%-e çenli,  $MgO$ -2%-e çenli diýäýmeseň känbir aýratyn talaplar talap edilmeyär.

### 1.18.2. Glinozýomly sementiň önümçiliginde çig malyň hasaplamasy

Glinozýomly sementiň köp fazaly bolanlygy üçin dolylygyna öwrenip bolanok. Önden bize eýýäm mälüm bolşy ýaly sementiň mineralogik düzüminiň güýçli üýtgemegi, käbir oksidleriň dikeldiji derejesine baglylykda mineralogiki düzüminiň täsiri, ýakylmak düzgünine, ýakylan materialyň sowadylmagyna täsirini ýetirýär. Şu sebäbe görä glinozýomly sementiň mineralogik düzümini çözmeklik deňlemesi entäk işlenen däl. Glinozýomly sementiň mineralogik düzümini doly hasaplap bolanok. Alym T.Parkeriň çig mal garyndysynyň düzümini hasaplamagyň formulasyny düzmäge synanyşygy deňlemeden çykyşy ýaly diagrammada gyşyk ýagdaýy  $CaO-Al_2O_3-SiO_2-FeO-MgO$  görkezýär. Şu minerallaryň meýdany özünden geçip şeýle birleşmeleri berýär  $CA$ ,  $C_{12}A_7$ ,  $C_6A_4F''S$ ,  $C_6A_4MS$ ,  $C_2S$ ,  $C_2SA$  we  $C_4SF$ . Hasaplama formulasy häli doly gutarylmanyk we tejribe şertlerde barlanylmadyk.

Häzirki wgtda glinozýomly sementiň önümçiliginde şihanyň düzüminiň hasaplamasy üçin empiriki formula golaý formula ulanylýar.

$$\frac{Hekdaşe}{boksit} = \frac{1,857SiO_{2boksit} + 0,55Al_2O_{3boksit} + 0,5Fe_2O_{3boksit} - CaO_{boksit}}{CaO_{galyn} - [1,857SiO_{2galyn} + 0,55Al_2O_{3galyn} + 0,5Fe_2O_{3galyn}]}$$



Senagatyň hünärmenleri şu empiriki kanuna görä  $\text{SiO}_2$ -iň,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ -ň düzümini we optimal hil koefisientini 5-6-a deň edip, hem-de tehologiki prosesin şertlerini saýlap sementiň ýokary hilli öndürilmegini saklaýarlar.

### **1.18.3. Glinozýomly sementi öndürmegiň usullary**

Glinozýomly sementi almagyň iki usuly bar: gabatlaşýan çig mal garyndysyny tutluşdyrmak ýa-da eretmek. Iki usulyň haýsýsý ulanylanda-da önümçilikde esasan boksitiň himiki düzümi hem-de ulanylýan ýylylyk agregatyň görnüşine bagly. Mysal üçin ulanyljak boksit demire baý bolsa, onda eretme usulyny ulanyp bolmýar, sebäbi şihany eretme we berkitme temperaturalary deň bolmaýar materialyň hemme bölegi deň eremeýär bu pejiň gurluşyna we işleýşine baglylykda.

Az mukdarly hek daşyny ulanmaklyk tutluşma usulynda köplenç effektiwni, hem-de sementi öndürmek tygşytlý we ýokary hili bolýar.

Eretme usuly- glinozýomly sementiň önümçiliginde tutluşdyrma usulyna garanda eretme usuly has giňden ulanylýan usullaryň biridir. Bu esasan köplenç boksitiň düzüminde demir oksidiniň we ýeňilereýji garyndylaryň barlygy bilen, ýagny şihanyň ereme we berkeme temperaturasynyň golaýlygynda hem-de tutluşma prosesinde praktiki kynçylyklar bolmaýanlygy bilen aňladylýar. Sementi öndürmekde eretme usulyny ulanmaklyk onuň çig malynyň örän inçe üwelmegine hem-de onuň düzüminde demiriň we kremnezýomyň belli bir böleginiň bolmaklygy (bolmasa çouýun ýa-da ferrosilis görnüşinde) bagly. Şihanyň eremekligi dikeldiji we okisleyji ýagdaýda domna peçlerde, elektrik dugaly peçlerde, konwerterli we aýlanýan peçlerde geçirilýär.

Glinozýomly sementiň önümçiliginde ilkinji erediji agregat suw köýnekli wagranka bolan bu pejiň öndürijiligi gije-gündizde 15-den 50 tonna çenli. Klinkeri ýakmaga sarp bolýan

udel ýylylyk 2800-3900 kkal/kg. Häzirki wagtda wagranka peçleri wannaly peçlere öwrüldi. Çig mal garyndyny gyzdymak üçin şahta görnüşli gurnalan we materialyň eremegi üçin wannasy bar. Ýakmak üçin kömür ýa-da suwuk ýangyç ulanylýar. Şihtanyň eremegi şahtadan wanna girende hemmesi bilelikde bolup geçýär, erginiň temperaturasy bir durkunda saklanýar. Wannada ýygnalan ergin wagtal-wagtal goýberilýär. Bu pejiň otrisatel tarapy öndürijiligi wannanyň ululygyna bagly, ýagny wannanyň göwrümi 2,7-4,8 m bolanda öndürijiligi 70 t ýetýär. Bu pejiň gowy tarapy gaýtaryjy we okisleýji ýagdaýlarynyň ýeňil üýtgedip bolýanlygydyr.

Glinozýom klinkerleri üçin domna pejinde çoýuny almak şu çig mal komponentlerden durýar: demirli boksit hek daşy, metallom we koks. Material pejiň kolosnigine berilýär ondan çig mal ýörite gurallaryň kömegi bilen şahta ýüklenilýär. Şlak bilen çoýun peçde iki gatlagy emele getirýär we wagtal-wagtal ondan aýrylýar. Çykýan şlagyň temperaturasy 1600-1700°C. Şlagy sowatmaklyk ýöriteleşdirilen çoýun meýdançada gatlagyň galyňlygy 100-150 mm geçirilýär. Şu usul bilen alynýan boksitiň düzüminde demir oksidiniň mukdary belli bir mukdarda däl demir ugleroda gaýtarylyp çoýunyň düzümine geçýär. Kremnezýom oksidi uly bolmadyk derejede gaýtarylýar, şonuň üçinem bu ýagdaýda az kremnezýomly boksidi ulanmak talap edilýär.

Elektrodugaly peçde çig mal bölek görnüşli her böleginiň ululygy 20-40 mm berilýär, näme üçin diýlende hek daşy ätiýaçdan CO<sub>2</sub>-niň aýrylmagy üçin ýakylýar boksit hem guradylmaly, çig boksit hem-de ýaýradylmadyk hek daşyny ulanmak pejiň işleýşini peseldýär we çykýan suw bugy we CO<sub>2</sub>-i erginiň tolkunlamagyna, ýarylmagyna we zyňlmagyna getirýär. Pejiň ululygy onuň öndürijiligi bilen kesgitlenýär. Az kremnezýomly şihtanyň ýakylma temperaturasy 1700-1800°C munda futerowkanyň we elektrodlaryň ulanmak möhleti birnäçe esse köpeliýär we elektroenergiýanyň çykdaýjysy ep-

esli azalýar. Eretme ýoly bilen glinozýomly sementi almak almaklyk ýönekeý aýlanýan peçlerde hem geçirilýär.

**Tutluşdyrma usuly.** Glinozýomly sementiň tutluşdyrma usuly bilen öndürilmegi inçe ownadylan birmeňzeş garyndyny emele getirýän boksit we hek daşy 1150-1250<sup>0</sup> C-temperaturada ýakylmagyndan durýar. Öndürmegiň bu usuly ulanylanda çig mal komponentinden çykýan uçmaýan birleşmeler, sementiň düzümine geçýär. Şonuň üçinem çig malyň düzümindäki gerekmejek garyndylary aýyrmaly bolýar. Tutluşdyrma usuly kän peýdaly däl sebäbi boksitde demir oksidi we kremniýkislotaýy ýokary derejede bolýar. Glinozýomly sementi tutluşdyrma usuly bilen öndürmek kameraly ,tigirli, tunel, şahtaly we aýlawly peçde hem-de tutluşdyryjy torda geçirilýär. Sementi taýýarlamaklygyň keramiki önümçilik peçlerde geçirilmegi şulardan ybarat: boksit bilen hek daşy bilelikde ýa-da aýratynlykda ownuklanýar we guradyjy barabanda guradylýar. Guran garyndy üwelmek üçin degirmene iberilýär tä N008 elekde 4-8% galyndylary galýança.

#### **1.18.4. Çig mal garyndylary tutluşdyrylanda we eredilende bolup geçýän prosesler**

Çig mal garyndyny gyzdymak prosesi 250-1000<sup>0</sup>C-temperatura aralykda bolanda boksitden suw aýrylýar, temperatura 900<sup>0</sup>C töwereginde  $\text{CaCO}_3$ -y dargamaga başlaýar.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bilen  $\text{CaO}$ -niň arasyndaky reaksiýa 800-900<sup>0</sup>C temperaturalarda başlanýar we birkalsiý alýuminata öwrülýär. 1000-1100<sup>0</sup>C temperaturada  $\text{CA}_2$  öwrülýär, ondan ýokary 1200<sup>0</sup>C bolanda  $\text{C}_5\text{A}_3$  we  $\text{C}_3\text{A}$  emele getirýär. Kalsiý ferriti 900-1200<sup>0</sup>C temperaturada  $\text{CF}$  we  $\text{C}_2\text{F}$  emele getirýär, alýumoferrit kalsiý şu düzümi  $\text{C}_6\text{A}_2$  we  $\text{C}_2\text{F}$  we gaty ergini  $\text{C}_6\text{A}_4\text{F}^{//}\text{S}$ ,  $\text{C}_6\text{A}_4\text{MS}$  1200<sup>0</sup>C-den ýokary temperaturada bolanda emele getirýär.

Tutluşdyrma ýoly bilen alynýan klinkeriň mikrogurlyşy.

Glinozýomly sementiň klinkerine gatnaşýan materiallaryň köpüsi tutluşdyrma usuly bilen alnanda reaksiýadan soň gaty ýagdaýda bolýar, temperatura 1200°C-dan ýokary bolanda käbir ewtetiki garyndylarda ereýjilik ýüze çykýar. Erginiň uly bolmadyk mukdarynyň emele gelmegi mineralaöwrüliş reaksiýanyň tizlenmegine getirýär we kristallaryň ösmegini goldaýar. Bişirilen klinkeriň bir aýratynlygy alýuminat kalsiniň kristallarynyň örän ownuk bolmagy we melemtil açyk bolmadyk massa ýagny ondan demir oksidiniň çykmagy, käbir metallaryň şeýle ownuk kristally klinkeriniň bolmagy kynçylyk döredýär.

#### **1.18.5. Eretme usuly bilen alnan klinkeriň mikrogurlyşy**

Eretme usuly bilen alnan glinozýomly klinkeriň mikrostrukturasyň ululyk derejesi erginiň sowamak tertibi bilen düşündirilýär. Erginiň deňagramly ewtetiki gurлуşda kristallaşmagy hem mümkin we käbir fazalaryň kristallarynyň ondan çykmak ýoly bilen. Deňagramly şertlerde kristallaşanda ýagny örän haýaldan sowamada ilki bilen kristal birleşmeden aýrylýar ýagny erginiň himiki düzüminiň durumly meýdanyndan, soňra birden temperaturanyň peselmegi bilen 2 ýa-da 3 mineral aýrylýar. Birinji fazanyň kristallary kanagatlanarly şertlerde deň ölçegli ösýär. 2-nji we 3-nji minerallaryň kristallary ol diýen göwnejaý ösüp bilmeýär, birinji fazanyň kristallaryndan epesli tapawudy bolýar. Şonuň üçinem olar uly bolmadyk ölçeglerde we dogry däl görnüşlerde häsiýetlendirilýär. Bir wagtda birnäçe minerallaryň kristallaşmagy köplenç inçegurлуşly ösüntgileri we denaritiň emele gelmegine getirýär. Erginiň tiz sowadylmagy bir wagtda birnäçe fazalaryň kristallaşmagyna getirýär. Tiz sowadylan klinker entäk doly kristallaşyp gutarmadyk aýna görnüşli fazalary saklaýar.

### 1.18.6. Glinozýomly klinkeriň üwelişi

Eretme ýoly bilen alynan glinozýomly klinker ýokary gatylygy bilen tapawutlanýar (7,0-7,5 Mohsýň şkalasyna görä), onuň ownadylmagy üçin has köp elektroenergiýa sarp bolýar (80-110 kwt.s 1tonn sement üçin) portlandsementiň üwelmegine garanda. Klinkeriň ownadylmagy we üwelmegi şol bir agregatlarda geçirilýär. 969-41 DS-a laýyklykda üwelen glinozýomly sementiň N008 elekde galýan galyndysy 10%-den geçmeli däl. Glinozýomly sementiň düzümine üwelmeye 2% ýörite garyndylar goşup bolýar. Şular ýaly goşundy hökmünde kömür ownugy, lignin we ş.m.

### 1.18.7. Glinozýomly sementiň gidratasiýasy we gatamagy

Glinozýomly sementiň gatamagynda alýuminat kalsiniň gidratasiýa prosesi we kristallogidrat emele getiriş görnüşini wajyp ähmiýete eýedir. Bir kalsili alýuminat gidratasiýa prosesinde gaty doýan molekulýar gatnaşygy  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  birlige golaý. Başkalsili üçialýuminat we  $\text{C}_{12}\text{A}_7$  suw bilen örän aktiw gatnaşyp gowy tutluşýar. Ergin  $\text{C}_5\text{A}_3$  gidratasiýasynda ilki başda gaty goýalma bolup geçýär we ondan ýokary esasy gidroalýuminat kalsiý  $\text{C}_4\text{AH}_{14}$  we  $\text{C}_3\text{AH}_{12}$  kristallaşýar. Çykýan kristallar plýonka görnüşli gidratlaşmadyk dänejikleri emele getirip  $\text{C}_5\text{A}_3$  soňlygy bilen eremekligi haýalladýar. Erginde  $\text{CaO}$ -niň mukdary şu ýagdaýa görä azalýar we  $\text{C}_2\text{AH}_8$  kristallaşmagy üçin şert döredýär.

Gelenit suw bilen örän haýal gatnaşykda bolýar, ony tasdanam inert mineraly diýip hasap etse bolar. Käwagtda 2-7 % kristallik  $\text{CaO}$  gatnaşmagy, esasanam aýnagörnüşli gelenit gatamagy berk gurluşy döredýär. Glinozýomly sementiň beýleki minerallary  $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_4\text{AF}$ ,  $\text{C}_3\text{A}$  we  $\text{C}_2\text{F}$  gurluş boýunça gidroalýuminatlaryň gidroferritleriň gidrosilikat kalsa gidratirlenmä we gidrolizlenmäni döredýär.

### 1.18.8. Glinozýomly sementiň gurluşyk-tehnologiki häsiýeti

*Udel agramy.* Gaýtaryjy şertlerde alynan glinozýomly sement açyk-sary reňkli bolup, okisleýji şertlerde alynan öz reňkini mele reükden gara reňke çenli üýtgedýär. Glinozýomly sementiň udel agramy  $3,0-3,2 \text{ Г/sm}^3$ -deň göwrüm agyrlыgy çyg ýagdaýda  $1,0-1,3$  we dykыzlanmagy  $1,6-1,8 \text{ Г/sm}^3$ .

*Aralyk goýulygy.* Glinozýomly sementiň aralyk goýulykdaky hamyryny taýýarlamak üçin gerek bolan suwuň mukdary portlandsementden birnäçe esse ýokary  $25-28 \%$  düzýär. Daş-töweregi gurşap alýan sredanyň temperaturasy  $20-25^0$ -dan ýokary bolanda glinozýomly sementiň suw talap ediljiligi portlandsemente görä ýokary bolýar. Glinozýomly sementiň gatamagy üçin köp suw gerek bolýar. Birleşdirýän suwuň mukdary gidrat birleşmesiniň emele geliş görnüşine we sementiň gidratasiýa derejesine bagly. Sement daşynyň ýagny  $\text{CAH}_{10}$  we  $\text{C}_2\text{AH}_8$  umumy mukdarynyň  $70\%$  tutýar,  $\text{C}_3\text{AH}_6$  we  $\text{AH}_3$  öwrülmek üçin  $35\%-e$  golaý. Doly däl gidratasiýa üçin birleşen suwuň mukdary takmyndan  $50 \%$  düzýär.

*Berkeme wagty.* Glinozýomly sement tiz tutluşýan önümleriň hataryna girmeyär. DST 969-41 görä sementiň tutluşmak wagty 30 minutdan ir bolmaly däl, soňy 12 sagatdan gijä galmaly däl. Glinozýomly sementiň tutluşmak wagtyny tertipleşdirmek üçin ýörite goşundylar goşulýar tutluşmany tizleşdirýän  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{LiCl}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{FeSO}_4$ , portlandsement we b. Tutluşmany haýalladýan goşundy hökmünde  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ba(OH)}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ , bura, winnaşa kislotas glisin, gliserin, sahar, uksusturşy natriý we b. Garyndynyň täsir etmegi onuň mukdaryna bagly we aýratyn käbirleriň ( $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  we b.) belli bir düzüme çenli goşulmagy tutluşmany haýýalladýar, ýokarlanmagy tersine tizlendirýär.

*Berklik.* Glinozýomly sementiň aýratyn häsiýetleriniň biri onuň gatamagy bilen berkliginiň tiz ösýänligidir. Eýýäm

10-15 sagadyň dowamynda glinozýomly sementden ýasalan önümiň berkliginiň gatylygy  $150-200 \text{ k}\Gamma/\text{sm}^2$  deň bir gije-gündizde ösüşi 50-90%-e ýetýär.

Glinozýomly sementiň markasy onuň nusgalygy gysylanda berkligiň minimal çägene gabat gelýär. Glinozýomly sement standart laýyklykda 3 markada M300, M400 we M500 çykarylýar. Berkligiň kinetiki ösüşi tablisada görkezilen talaba laýyk gelmeli.

DS 969-41 görä glinozýomly sementiň berkliginiň kadasy.

(tabl.5)

Sementiň markasy	Berkligiň çägi, $\text{k}\Gamma/\text{sm}^2$			
	Şu aralykda gysylma		Çekilenden soňra	
	1-gije-gündiz	3-gije-gündiz	1-gije-gündiz z	3-gije-gündiz
300	250	300	16	18
400	350	400	20	22
500	450	500	24	26

Berkemeklik 28-gije-gündizde 3-gije-gündizkiden pes bolmaly däl. Köp ýagdaýlarda berkemeğiň maksimumy 1-3 ýyl gatamak ondan soň birnäçe peselmegi mümkin. Glinozýomly sementiň ergininiň düzümi 1:3 gatnaşykda maýyşgak (ýumşak) bolanda onuň gaty erginine garanda berkemeği peselýändigini görkezýär. Glinozýomly sementiň berkemekligi mineralogik düzümine, kristallaryň düzümine, üwelmaniň inçeligine, gatamagyň tertibine we başga käbir faktorlara bagly bolup durýar. Köplen sementiň düzüminde CA mineraly agdyklyk etse, berkemeklik ýokarlanýar az bolanda kremnezýom we demir saklaýjy fazalar berkemekligi pese düşürýär. Eretme ýoly bilen alynýan sement tutluşdyrma ýoly bilen alynýan

semente garanda aktiw bolýar. Ýokary berklikde alynan önümiň gatamak temperaturasy 15-20<sup>0</sup>C tertipde bolýar. Howada gatamaklykda önümiň başlangyç berkligi örän ýokary, gatamagyň soňunda berkemegiň ösüşi haýallaýar.

### **1.18.9. Glinozýomly sementiň ulanylyşy**

Glinozýomly sement portlandsementa garanda 3-4 esse gymmat düşýär, şonuň üçinem ol haçan-da tygşyly taýdan amatly bolanda ulanylýar. Tiz gatamaklygy we ýokary berkligi glinozýomly sementiň gymmatyny artdyrýar şol sebäpli ol dürli dikeldiji işlerde ulanylýar. Turbalaryň gömülmelerinde, ýollaryň we köprüleriň bejergisinde, gyssagly fundament gurnamakda ulanylýar. Ýokary himiki durumlylygy boýunça glinozýomly sementi nebit-gaz skwažinalarynda tamponirlemekde ulanylýar. Azyk senagatynda giňden ulanylýar gant konserwa we b. Glinozýomly sementiň esasynda oda çydamly beton öndürilýär. Ýene-de gyş paslynda betonlamak işlerinde giňden ulanylýar.

### **1.19. Pussolon sementi.**

#### **Gidrawliki goşundylar (aktiw mineral goşundylar)**

Garyşyk semeni almak üçin onuň taýyn önüminiň düzüminde mineral maddalaryň goşundylary bolýar. Olary iki topara bölmek bolar: aktiw we inertli (mikrodoldurdyjyly). Aktiw goşundylar hem öz aralarynda bölünýärler: turşy goşundy, köplenç gidrawliki we esasy- granulirlenen domna galyndysy we belitli (nefelinli ) şlam.

Tebigy ýa-da emeli maddalaryň inçe ownuklanyp howa heki sulfatly we duzly suwlar bilen garylýanda gidrawliki gatamaga ukyply hem-de portlandsement bilen garylýanda durumlylygy ýokarlanýan garynda gidrawliki goşundy diýilýär.



Poroşok görnüşinde suw goşulanda gatamaýar (heksiz ýa-da portlandsementsiz) gidrawliki goşundy özbaşdak gatamaýar. Gidrawliki goşundylar öz gelip çykyşy boýunça şu klaslara bölünýärler.

(tabl.6)

Hakyky goşundy		Emeli goşundylar
Wulkandan gelip çykmagy	Çökündilerden gelip çykmagy	
Wulkan pepli	Diatomit	Toýunsow material/ toýun
Pussolonly	Trepel	Aktiw kremniýtoprakly zyňyndylar
Wulkan tufy	Opok	Ýanan jynslar
Trass	Gliež (toýun)	Turşy zollar we ýangyjyň şaklary
Pemza		Külün äkidilmegi

Ýokarda sanalan goşundylaryň hemmesi aktiw maddalaryň belli bir mukdaryny saklaýar. Diatomit, trepel, opok we aktiw kremnezýomyň galyndylary şolar ýaly maddalara aktiw suwly kremnezýom degişli. Wulkanly goşundylar, aktiw alýumosilikat aýnasy we goşundy düzümi ýakylan toýunly madda, metakaolinit we aktiw glinozýom  $\text{Ca(OH)}_2$  bilen gidrawlik aktiw maddalaryň goşundysyna pussolonizasiýa reaksiýasy diýilýär. Şu sebäpli sement, ýagny düzüminde bar bolan gidrawliki goşunda pussolon diýilýär.

Gidrawlik goşundy pussolon portlandsementini taýýarlamakda hekli- pussolon sementi ulanylýar.

*Wulkanlardan gelip çykan goşundylar.* Wulkanlaryň jynslarynyň ownuk bölejikler görnüşinde ýa-da un görnüşli bölekler, ýüze çykýar. Has uly bölekleri wulkanyň gapdalyna düşýär, ownujak bölejikleri bolsa ýeller arkaly bulut görnüşinde ýokary galyp birnäçe kilometre ýetýär. Şol bulutlardan wagtyň geçmegi bilen wulkan pepelleri dykyzlanýar. Eger-de wulkan pepelleri çyg görnüşde saklanyp galsalar onda olara pussolon diýilýär. Eger-de iukinji prosesin netijesinde daş görnüşli jynsa öwürülse onda oňa wulkan tufy

diýilýär. Eger-de has berk daş görnüşli gurluş bolsa onda trass diýilýär.

Wulkandan dörän hemme gidrawliki goşundylar köp kremnezýom we glinozýom saklaýar. Himiki düzümi boýunça olar çuň dag jynslarydyr. Wulkan goşundylaryň aktiwligi, onuň himiki düzümi bilen kesgitlenýär hem-de jynsyň emele gelmeginde sowamak prosesiniň ep-esli tiz geçmegi jynsyň sowamagy näçe tiz geçse şonça-da aktiwligi ýokary bolýar.

*Çökündiden gelip çykan goşundy.* Şu goşundynyň toparynda diatomit we trepel, az mukdarda opokýň bolmagy uly ähmiýetlidir. Bu materiallaryň hemmesine opalolit diýilýär ýagny jyns esasanam amorf görnüşli, erkin kremnezýomdan durýar.

Diatomit-fitogenden gelip çykan, ol esasanam diatomitli suwöşçntgili. Trepel diotomita garanda ikinji jyns bolup, mikroskopda seredilende dolylygyna diýen ýaly ownuk tegelek birnäçe mün millimetr ölçegli.

Daşky görnüşi boýunça diatomit bilen trepel biri-birinden tapawutlanmaýar ikisem açyk-sary ýa-da sarymtyl köplenç organiki madda bilen boýalan garamtyl reňkli.

Gury ýagdaýda opokýň agram göwrüminiň düzüminde trepeli  $-0,85$  we diotomiti  $-0,75 \text{ g/sm}^3$  saklaýar. Diatomit bilen trepel suwda garyşdyrylanda tiz düşýär we trepel (diatomit) süýdini emele getirýär.

*Aktiv kremnezýomly zyňyndy.* Bu zyňyndy toýundan kükürtturşy alýuminiý almak önümçiliginde alynýar. Oda çydamly toýunyň kükürt kislötasy bilen degidratasiýa arkaly işlenmeginde glinozýom ergine öwrülýär, kremnezýom bolsa çökündi bolup, gidrawliki goşundy bolup hyzmat edýär. Kremnezýomly zyňyndylaryň aktiwligi has gowdyr.

Glinit tipli gidrawliki goşundy. Bişirilen toýun materialy eýýäm ir döwürden bári howa heki bilen bilelikde gidrawliki goşundynyň hili hökmünde ulanylyp gelýär. Ýokary hili gliniti almak üçin ýokary derejede kaoliniti saklaýan toýunyň  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  12-15 %-den az bolmaly

däl) we 600-800<sup>0</sup>C temperaturada ýakmaly. Köp toýunlar üçin şeýle temperaturada ýakylmak optimal bolup durýar temperaturanyň peselmesinde ýa-da galmasynda toýunyň aktiwligi peselýär.

Gidrawlik goşundynyň hiline baha berilmegi. Giprosement goşundynyň aktiwligine baha bermek üçin ony şeýle taýýarlamaýy 20% hek-puşonkasy, 80% goşundy we aralyk goýulykda hamyr almak üçin şol goýulyga gabat gelýän suw ýagny suwadurumly we bellenen wagtda tutluşmaga ukyply, sementi almak üçin talap edilýär. Görkezilen hamyr näçe tiz tutluşsa, şonça-da aktiw goşundy bolýar.

Sulfatadurnukly pussolon portlandsementi taýýarlamakda goşundynyň zerurlygy nusgalykda barlag geçirilişine görä takmynan şu tertipde barlanan: hekli-puşonkaly garynda şu goşundylar ikisuwly gips we suw hamyry orta goýulykda we Le-Şatélyeniň tegelek halkasynda garyrlar. Gatamak wagtynda nusganyň rugsat berilýän deňlige çenli giňelmegi, eger-de giňelmegiň ululygy bellenen ululykdan ýokarlanmasa onda goşundy sulfataçydamly sementi taýýarlamağa ýaramly hasaplanýar.

Gidrawliki goşundynyň hiline baha bermek aktiwligi bilen birlikde suwtalap edililigi hem hasaba alynýar. Diatomit bilen trepeliň suw talap edililigi ýokary.

### **1.19.1. Pussolonly portlandsement**

Kesgitleme we düzümi. Hidrawliki berkidiji maddalaryň ýagny portlandsement klinkeri bilen gidrawliki goşundynyň bilelikde üwelmek ýoly bilen alnysyna ýa-da aýratynlykda inçe ownadylan şol materiallaryň emay bilen garyşylmagyna pussolon portlandsement diýilýär. Tutluşmak wagtyny ýola goýmak üçin we önümiň häsiýetini gowylandyrmak üçin gipsden başga-da taýyn sementiň SO<sub>3</sub>-i saklamagy 3,5%-den ýokarlanmaly dälendir.

Sement bilen gidrawliki goşundynyň özara baglanyşygy ilki bilen onuň aktiwligine bagly soňlygy bilen aktiwligi ýokary boldygyça goşyndyny az goşmaly. Gidrawliki goşundynyň aktiwligi az boldygyça onuň gidroksid kalsi bilen baglanyşmak ýagdaýy azalýar. Sement klinkeriniň gatama prosesinde çykýan erkin hekiň hemmesiniň birmeňzeş effektde birleşmegini gazanmak üçin az aktiwli gidrawliki goşyndyny ýokary aktiwlä garanda köp almaly. GOST 10178-62 laýyklykda pussolon portlandsementiň gidrawliki goşundyny saklamagy şu çäkden geçmeli däl: wulkandan gelip çykan goşundylar-25-40%, çökündilerden gelip çykan-20-30%, ýakyp bişirilen toýun, gliež, ýangyç küli-25-40%.

*Pussolonly portlandsementiň taýýarlanylyşy.* Pussolon portlandsementiň önümçiliginiň tehnologiki gurluşy hemme komponentleriň bilelikde üwelmeği bir agregatda geçirilişiniň klinkerownadýan sehiň tehnologiki gurluşynyň yzygiderliligi görkezilen.

## **1.20. Şlakly sement**

Şlakly portlandsement- portlandsement klinkeriniň domna granulirlenen şlagyň we gipsiň (3,5) az mukdarynyň birlikde üwelmesi arkaly alnan ýa-da bu komponentleriňaýratyn üwelip soň gowy garylmasyndan alnan gidrawlik berkidiji madda. Klinkeriň, şlagyň we gipsiň birlikde ownadylmasy arkaly alnan portlandsementiň hili örän gowy bolýar, eger-de bu komponentleri aýratyn ownadylyp soňra garylsa kän bir birjynsly bolanok. Şlakoportlandsementde domna granulirlenen şlak taýýar önümiň massasyndan 30% az we 60% köp bolmaly däl, özem şlagyň bir bölegne (15% köp däl) gidrawliki goşundylar bilen çalşyp bolar.

Şlaklyportlansementiň gatamasy 2 hatara bölünýär: birinjisi-sementiň klinker böleginiň gidratasiýasy we gatamasy we ikinji—klinker böleginiň gidratasiýa önüminiň domna granulirlenen şlaklar bilen himiki täsirleşmesi. Klinkeriň

üçkalsili silikatynyň gidratasiýasyna gidroksid kalsi bölünip çykýar, ol glinozýemiň şlagy bilen täsirleşip kalsiniň gidrosilikatlaryny we gidroalýuminatlaryny emele getirýär.

Portlandsement bilen deňeşdireniňde şlakoportlandsementiň berkliginiň ösmesi gatamanyň başlangyç möhletlerinde haýal, ýöne olaryň marka berkligi birdeň diýen ýaly. Portlandsementiň peselmesi bilen berkligiň ösmesi güýçli peselýär. Sredanyň ýeterlik çyglylygynda ýokary temperaturada şlakoportlandsement gowy gataýar, portlandsemente garanda.

Gysylandaky berkligi we egilmesi bilen ony 200, 300, 400 we 500 marka bölýärler. Şlakoportlandsementdäki betonlaryň suwadurnuklylygy portlandsementden ýokary, bu onda kalsiý oksidiniň erkin gidratynyň ýoklugy bilen düşündirilýär: şlakoportlandsementdäki betonda ol şlak bilen kyn ereýän gidroalýuminatlara we kalsiniň pesesasy gidrosilikatlary bilen baglanyşykly, portlandsementli betonda bolsa gidroksid kalsiý köp mukdarda erkin görnüşde bolup, ýuwulyp biler betony gowşadyp. Ýöne ol portlandsement betondan az durnukly. Bu pesesasy gidrosilikatlaryň sredanyň ýagdaýynyň üýtgemeginde deformasiýa has ýakyn we suwa we sowuga garşy birlikde hereketlenmä az ukyply.

Şlakoportlandsementi doňdurýlyp we doňyny aýyrylyp, guradylyp we çyglandyrylyp duran gurluşlara ulanmak bolmaz.

*Hek şalksementi-* gury garnulirlenen domna şlagy gipsiň azajyk goşundysy bilen heki birlikde üwemek arkaly ýa-da aýratyn inçe üwelen bu materiallary üwemedən soň gowy garmak arkaly alynýar. Berkidijidäki kalsiý oksidi şlagyň görnüşine (esasy ýa-da turşy) baglylykda mukdary üýtgeýär we garyndynyň massasyndan 10- 30% aralykda üýtgäp dur.

Hek şlakly berkidiji haýal tutluşýar we haýal gataýar: tutluşma 1,5-4 sagatda başlaýar, soňy bolsa 4-8 sagat. Tutluşma we gatama möhletini regulirlmek üçin oňa 5% gips goşýarlar. Bu berkidiji 50-100 we 150 markaly çykarylýar;

eger şlak we hek örän ýokary hilli bolsa ony 300 marka çenli ýokarlandyryrlar.

Hek –şlak berkidijileriň howadurnuklylygy pes. Howada gatanda onuň berkligi, howanyň  $\text{CO}_2$  aýratyn kristallogidratlary dargadyjy täsiri bilen şeýle-de uly agram deformasiýanyň, netijesinde berkligi peselýär. Bu berkidijiniň sowugadurnuklylygy şlakoportlandsementiňkiden pes.

*Sulfat şlak sementi*- bu sementiň birnäçe görnüşi bar, ýöne onuň has giň ýaýranlary gipsşlakly we şlaklyklinkersiz sement.

Gipsşlakly sement- gidrawliki berkidiji madda, ol garnulirlenen domna şlagyň, gipsiň we portlandsement klinkeriň birlikdäki üwelmesinden alynýar. Sementiň düzümi %; şlak 75-85, ikisuwly gips ýa-da anhidrit 15-20 portlandsement klinkeri 5 çenli we hek 2 çenli. Bu sement üçin glinozýomy köp saklaýan şlak ulanylýar, ýagny aktiwligiň ýokary modullysy.

Sulfat şlak sementi- haýal gataýan berkidiji material. Ony iki markada çykarýarlar-300 we 400. Sementiň gidratasiýasynda az ýylylyk bölünip çykýar (168-189 kDž/kg 7 gije-gündiziň dowamynda) , şonuň üçin ony massiw gurluşlarda ulanmak bolýar.  $40^{\circ}\text{C}$  çenli gyzdyрма gatamany tizlendirýär, ýöne has ýokary temperaturada berklik kalsiýgidrosulfoalýuminatyň degidratasiýasy netijesinde peselýär. Gipsşlak sementiň önümleriniň sowuga durnuklylygy pes ýöne arassa ýokary durnukly bolýarlar.

Gipsşlak sement beton we demir beton ýerasty we suwasty gurluşlarda ulanylýar. Ony has hem aşgarlama we sulfat aggressiwligi şertlerde ulanmak amatly.

Şlaklyklinkersiz sement- gidrawliki berkidiji madda , ol granulirlenen domna şlagyň (85-90%), kalsiýsulfatynyň (5-8%) we ýakylan dolomitiň (5-8%) birlikde üwelmesi arkaly alynýar. Esasly şlaklar üçin dolomit  $800-900^{\circ}\text{C}$  ýakylýar, bu  $\text{MgCO}_3$  doly we  $\text{CaCO}_3$  bölekleýin dargamasy bolup geçýär, turşy şlak üçin  $100-1100^{\circ}\text{C}$   $\text{CaCO}_3$  doly dargamasy bilen.

Şlaklyklinkersiz sementiň özboluşlylygy we ulanylyş şertleri edil gipsşlakly sementiňki ýaly.

### **1.21. Giňelme ukyply sement**

Gidrawliki berkidiji maddalaryň ählisiniň diýen ýaly esasynda taýýarlanylýan sement daşy özüniň durky taýdan kiçelip üýtgemeklige sezewar bolýar. Munuň özi binanyň beton we demirbeton birikmelerinde jaýryklaryň emele gelmegine sebäp bolýar, netijede gurluşyň bitewligi bozulýar. Binanyň sepleşýän we birleşýän ýerlerini diňe özüniň maýyşgak garyndysy doňandan soň, ýa üýtgeýän, ýa-da içki güýçleriň täsiri bilen birneme artýan sementiň kömegi bilen dykyz guýmak bilen berkidilip bolýar. Esasynda taýýarlanylýan erginleriň möçberiniň artma häsiýeti bolan sementler giňelme ukyply sement diýlip atlandyrylýar. Häzirki wagtda giňelme ukyply sementleriň birnäçe görnüşleri mälimdir: 1) glinozýomly sementiň esasynda: suw geçirmeýän giňelme ukyply sement, gipli- glinozýemli we gipli-şlakly-glinozýomli sementler; 2) portlansementiň esasynda: adaty giňelme ukyply portlansement we gatama ukyply sement. GDA-nyň ýurtlarynyň önümçilik senagatynda sementiň iki görnüşi – suw geçirmeýän giňelme ukyply sement we gipsli-glinozýomly sement öndürilip çykarylýar.

Köp halatlarda giňelme sementiň esasynda taýýarlanylýan sement daşynyň möçberiniň artmagynyň esasy sebäbi kalsiniň gidrosulfoalýuminatynyň emele gelmegi bolup durýar. Giňelmegiň netijesi şu iki tertipde garmany emele getirmekde görüp bolýar: 1) suwda eredilen gipsiň gaty  $C_4 AH_{14}$  bilen özara baglanyşmagynda; bu halatda kalsiniň sulfoalýuminatynyň iri kristally kalsiniň gidrosulfoalýuminatynyň kristalynyň eýelän möçberinde ýerleşmän, daşyň şol ýeriniň giňelmegini emele getirýär; 2) erginden kalsiniň sulfoalýuminatynyň kristallaşmagynda, ýöne

soňkuda emele gelen kristallik karkas sement daşynyň gatama döwründe ýeterlik gatylygy bolmaly.

Sementi üwemegiň inçeligi № 02 we № 008 eleklerde deňişlilikde 12 we 25% - den köp bolmadyk galyndy bilen häsiýetlendirilýär. Sementiň gatap başlama wagty 4 minutdan ir bolman, soňy bolsa 10 minutdan giç bolmaly däldir. Gatamany sirke we tebigy çakyr daşynyň turşulyklarynyň, buranyň garyndysy bilen 5-8 esse haýalladyp bolýar. Arassa garyndydan (1:0) edilen nusgalyklar gysylanda berkligiň çägi şu ululyklardan pes bolmaly däldir: 6 sagatdan –  $75 \text{ kG/sm}^2$ , 3 gije-gündizden –  $300 \text{ kG/sm}^2$ , 28 gije-gündizden –  $500 \text{ kG/sm}^2$ . Gatamagyň 1 gije-gündizinden soňra nusgalyklaryň 6 at. gidrawliki basyşynda suwy doly geçirmezlik ukyby bolmalydyr. Nusgalyklaryň giňelmeginiň döwri 1-3 gije-gündize barabardyr, ýöne esasy giňeme birinji gije-gündiziň dowamynda bolup geçýär. Bir ugurly deslapda giňelme 0,02-1,0% çäklerde üýtgäp durýar we komponentleriň baglanşygynyň üýtgemegi bilen kadalaşdyrylýar. Semantiň udel agramy 2,85 – 2,87 G/sm<sup>2</sup>, göwrümleýin agramy bolsa – 1,4 G/sm<sup>2</sup> barabardyr. Sementiň kemçiligi onuň tiz gatamagy we ýokary gymmaty, şeýle hem onuň esasynda taýýarlanylýan önümleriň sowuga çydamlylygynyň pes derejeliligi bolup durýar.

Suw geçirmeýän giňelme ukyply sement bozulan demirbeton we beton gurluşlary abatlamakda, binanyň elementleriniň arasyndaky suw geçirmeýän sepleşme suaglary taýýarlamakda, ýerasty geçelgeleriniň, şahtalaryň sütünleriniň gidroizolýasiýadynda, gidroizolýasiýa örtük hökmünde ýerasty we suwasty binalary gurmakda hem-de birnäçe beýleki işlerde ulanylýar.

Gipsli-glinozýomly giňelme ukyply sement tiz gataýan gidrawliki maýyşgak madda bolup, ýokary glinozýomly şlagy we tebigy iki suwly gipsi bile üwemek we garmak arkaly alynýar (I.W.Krawçenkonyň teklibi).



Gipsiň garyndydaky düzümi takmynan 30% barabardyr. Owradylan sementiň №008 elekdäki galyndysy 10%-den köp bolmaly däldir. Onuň gatama wagty garylandan soň 20 minutdan ir bolman, soňy bolsa – 4 sagatdan giç bolmaly däldir. Gipsli-glinozýomly sement hem glinozýomly sement ýaly üç kysyma: 300, 400 we 500 bölünýär. Gatamagyň ilkinji möhletinde berkemeginiň tizligi agzalan sementlerde deslapdan birmeňzeşdir. Arassa sement garyndysyndan (1:0) nusgalyklaryň gatamagyň 1 gije-gündizinden soň, *11 at.* gidrawliki basyşynda suwy doly geçirmezlik ukyby bolmalydyr. Gipsli-glinozýomly sementde nusgalyklarda giňelme ukybynyň netijesini emele getirmegiň zerur şerti olary suwda saklamak bolup durýar. Howa şertlerinde gatadylanda onuň kiçelme taýdan durky üýtgeýär. Giňelmeklik gatamagyň ilkinji 1-3 gije-gündizinde tamamlanýar. Bir ugurly giňelmegiň deslapdan ululygy 0,1-1,0% barabardyr. 90-100<sup>0</sup> temperaturalaryň aralygynda buga tutulanda önümleriň berkligi artýar, ýöne giňelmegiň ululygy kiçelýär. Gidrotermal taýdan işläp geçmegiň temperaturasynyň 100<sup>0</sup>-dan ýokarlandyrylmagy kalsiniň gidrosulfoalýuminatynyň dargamagynyň netijesinde önümleriň hiline ýaramaz täsir edýär. Gipsli-glinozýomly sement ýerzeminleriň, şahtalaryň gidrozolýasiýasy, dürli görnüşli seplemeler we ş. m. suwaglary taýýarlamak üçin niýetlenilendir.

Giňelme ukyply portlansement portlansement kliniklerini, ýokary glinozýomly şlagy, gipsi we aktiw gidrawliki goşundyny bile üwemek arkaly alynýan gidrawliki maýyşgak maddadyr. Garyndydaky aýry-aýry komponentleriň düzümi şu ölçegde bolmalydyr: portlansement-60-65%, glinozýomly şlak – 5-7%, iki suwly gips-7-10%, gidrawliki goşundy-20-25%. Portlansementde kalsiniň alýuminatynyň 7%-den az bolmadyk hem-de C<sub>3</sub>S 45%-den gowrak mukdary bolmalydyr. Sementdäki gidrawliki goşundynyň bellenen maksady – C<sub>3</sub>S gidratasiýasynda ýüze çykýan kalsiý okisini özüne siňdirmekden we kalsiý alýuminatynyň eremeginiň

ýokary tizligini üpjün etmekden hem-de kalsiniň gidrosulfoalýuminatyny emele getirmekden ybaratdyr.

Giňelme ukyply portlansement özüniň berkligi taýdan üç kysyma: 400, 500 we 600 bölünýär. Onuň gatama wagty garylýandan soň 30 minutdan ir bolman, soňy bolsa – 12 sagatdan giç bolmaly däl. 1-28 gije-gündiziň dowamynda suwda gatadylanda arassa garyndydan nusgalyklar bir ugurly giňelme ukyply 0,15-1,02% barabar bolmaly. Giňelme ukyply portlansementiň esasynda taýýarlanylýan önümler özüniň ýeterlik derejede suw geçirmezligi, sowuga çydamlylygy we güýçli täsir ediji gurşawlara durnuklylygy bilen tapawutlanýarlar.

Giňelme ukyply portlansement dürli görnüşleri sepleşmeleri suwamak, demirbeton önümleri we gurluşlary taýýarlamak we birnäçe beýleki maksatlar üçin ulanylýan kiçelmeýän we giňelme ukyply suw geçirmeýän erginleri we betonlary taýýarlamak üçin niýetlenilendir.

Güýçli gatadyjy sement armaturasy birnäçe ugurlar boýunça gatadylan ýörite demirbeton önümleri taýýarlamak üçin niýetlenilendir. Armaturanyň gatamagyny ýüze çykarýan güýçler sement daşynyň giňelmeginde emele gelýärler. Bu hadysa öz-özünden güýçlenme, demirbeton bolsa – öz-özi güýçlenýän demirbeton adyna eýe boldy. Armaturanyň şunuň ýaly üç okly güýçlenmegini mehaniki ýol bilen amala aşyrmaklyk uly kynçylyklar bilen baglanşyklydyr.

Güýçli gatadyjy sement 65% portlansement klinklerinden, 20% glinozýomly sementiň şlagyndan we 15% gipsden ybarat bolan inçe üwelen garyndydyr. Gatamanyň başlanan wagty garylýandan soň, 2-5 minutdan, soňy bolsa 4-7 minutdan soň görünýär. Gatamanyň gowşadyjylary we tebigy çakyr daşynyň turşulygy bolup durýar. Bir gije-gündiziň dowamynda suwda gataýan nusgalyklaryň berkligi 200-300 kG/sm<sup>2</sup> bolmalydyr. Güýçli gatadyjy sementden taýýarlanylýan önümleriň bir ugurly giňelme ukyply 3% ýetýär. Giňelmegin sebäbi kalsiniň gidrosulfoalýuminatynyň üç sulfatly görnüşiniň

emele gelmegi hasaplanýar. Giňelme döwri önümleriň 60-100<sup>0</sup> temperaturada 5-6 sagadyň dowamynda buga tutulmagy bilen geçirilýär. Armaturanyň öz-özünden güýçli gatamagynyň artykmaç ululygyny almak üçin goýy erginleri ulanmak zerurdyr. Güýçli gatadyjy sementden nusgalyklary bilen gatamada artýan basyşyň ululygy 90-100 kG/sm<sup>2</sup> ýetýär. Önümler ýokary suw geçirmezligi bilen tapawutlanýar. Güýçli gatadyjy sement güýçlendirilen dik we kese armaturaly basyş emele getirýän demirbeton turbalary taýýarlamakda ulanyldy, şeýle hem ol ýuka diwarly demirbeton önümleri öndürmekde hem ulanylyp biliner.

*Giňelme ukyply sementleriň beýleki görnüşleri.* Ýokarda beýan edilenlerden başga, giňelme ukyply sementleriň beýleki düzümleri hem mälimdir. Meselem, Fransiýada, Lossýe sementi giňden ulanylýar, onuň düzüminde portlansement, granulirlenilen domna şlagy we giňeldiji goşundy bar. Giňeldiji goşundy 50% gipsden, 25% gyzyt boksitden we 25% hekden taýýarlanylýan garyndyny 1200-1300<sup>0</sup> derejede birleşmek bilen alynýar. Birleşme önüminiň düzümi: 38%-e golaýy kalsiniň sulfatyndan, 38% kalsiniň alýuminatyndan, şeýle hem ferritlerden we  $\gamma$ -CS-den ybaratdyr. Şunuň ýaly sementden taýýarlanylýan önümleriň giňelmeginiň sebäbi kalsiniň gidrosulfoalýuminatyny üç sulfatly görnüşiniň emele gelmegidir. Domna şlagy sementiň düzümine kalsiý sulfatynyň artykmaň mukdaryny baglanyşdyrýan giňelmegi kadalaşdyryjy hökmünde goşulýar. Sementdäki komponentleriň barabarlygynyň üýtgetmek bilen kiçelmeýän we giňelme ukyply önümleri alyp bolýar.

P.P.Budnikow we onuň işgärleri tarapyndan giňelme ukyply sementiň birnäçe görnüşleri alyndy, olaryň düzümi şulardan ybarat:

- 1) portlansement (93-94%) we 800-900<sup>0</sup> derejede bişirilen dolomit ýa-da magnezit (3-7%); şunuň ýaly sementden taýýarlanylýan önümleriň sement daşynda magniniň okisiniň gidratyny emele getirmek bilen

ýüze çykarylýan giňelme ukyby garyndyda 0,13-0,40% we çägeli erginde

(1:3) – 0,01 – 0,18%) barabardyr;

- 2) portlansement (85-95%) we 800<sup>0</sup> derejede gyzdryylan kaolini, heki we gipsi garmak bilen alynýan giňelýän goşundy (5-15%);
- 3) glinozýomly sementi (45%), esasy granulirlenilen domna şlagy (25%) we iki suwly gipsi (30%) garmak bilen alynýan gipsli-glinozýomly sement;
- 4) 900<sup>0</sup> derejede bişirilen dolimitiň bolmagynda glinozýomly sementi estrih-gips ýa-da anhidridli sement bilen garmakdan alynýan önüm.

Portlansement üçin giňeldiji goşundylar hökmünde glinogips (gaža), alýuminiň sulfiti, kömürturşy alýuminiý we beýleki birnäçe maddalar ulanylýar.

## **2. Romansement**

Ol arassa we düzüminde 25%-den az bolmadyk toýunsow goşundylary saklaýan dolomitleşen mergelleriň bişmezden öň ýakylmagy we ondan soň ownuk görnüşe getirilmegi bilen alynýan önüm. Romansementiň häsiýetlerini gowulaşdyrmak üçin 5%-e çenli aktiw mineral goşundylar goşulýar.

Romansementi almak üçin ulanylýan çig mal: mergel-kömürturşy Ca bilen toýunyň tebigy garyndysy. Romansementiň önümçiligi şu tapgyrlardan ybarat: mergelli gazyp almak, ony gerek bolan ölçege çenli owratmak, ýakmak we ýakylan materialy üwemek. Çig malyň düzüminde kömürturşy Mg az bolanda ýakmaklyk 1000-1100<sup>0</sup>-da geçirilýär, magnezial mergel 800-900<sup>0</sup> ýakylýar. Has ýokary temperaturada ýakylanda MgO-ň köýmegi mümkin we soňky alynýan önümiň göwrümi gyrađeň ýaýramaýar. Mergel ýakylanda kömürturşy ca we Mg dissosiasiasy geçýär. Netijede CaO Ca silikatyna, alýumosilikata we ferrite we kalsiý alýumoferrite doly baglanyşýar. Ýakmaklyk şahta

peçlerinde geçýär. Kāwagt aýlanma peçleri ulanylýar. Romansementi şarly üweýjide üweýärler. Oña gips (3,5%0 we gidrat goşundylar (10-15%) goşulýar.

Romansementiň ownuklyk derejesi: N02 elekden geçirlende materialyň 9%-ne çenli geçmeli we N008 elekden geçirilende 75% az geçmeli däl. Romansementiň tutluşmagy we gatamagy ýakylanda emele gelen birleşmeleriň gidratasiýasy bilen häsiýetlendirilýär.

Romansementiň häsiýetleri: Dykzlygy-  $2,6 \text{ g/sm}^3$ . Göwrüm massasy dykzlanmadyk ýagdaýda  $800-1000 \text{ kg/m}^3$ , dykzlanan ýagdaýda  $1000-1300 \text{ kg/m}^3$

Tutluşma wagty kalsiýalýuminatynyň hasaplanyşyna, üweliş derejesine we goşulýan gipsiň mukdaryna bagly. Romansementiň tutluşmasynyň başlangyjy 20 min ir däl, soňy bolsa 24 sag. Giç bolmaly däl. Göwrüminiň deňagramly üýtgemegi erkin Ca okisiniň we köýdürilen Mg okisiniň bölekleriniň mukdaryna bagly. Bu görkezijini kesgitlemek üçin nusga- lepeşka gaýnaýan suwuň buglarynda saklanýar. Şeýle hem awtoklawda synag geçirilýär. Eger howa çyg şertlerde öňünden 7 gije-gündiz saklanandan soň jaýryk emele gelmeşe onda romansementiň göwrümi gyradeň üýtgeýär.

Berkligi: Romansement 4 markada çykarylýar: 25; 50; 100; 150. Romansementiň markasy kub nusgalaryň gysylandaky berklik çägi arkaly kesgitlenýär.

### **3. Gips berkidiji maddalar**

Ýylylyk bilen işlenişiniň temperaturasyna baglylykda gips berkidiji maddalar 2 topara bölünýärler:

1. Pes temperaturada iki suwly gipsiň ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) gyzdrylmagynda ýakylyp alynýan  $110^0 - 180^0 \text{ C}$  olar esasan ýarym suwly gipsden ybarat  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  we çalt gataýan. Olara gurluşyk, ýokary berklikde bolan gips howa berkidiji we medisina gipsi degişli.

2. Ýokary temperaturada ýakylyp alynýan gips. Ol suwsuz gipsden (angidrit) ybarat we haýal gataýar  $600^{\circ}$ - $900^{\circ}$  C. Olara angidrid berkidiji ( $\text{CaSO}_4$ ) we estrih gips degişli, 2 suwly tebigy gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ýumşak mineral, ýumşaklygy Mohsýň şkalasy boýunça 2-ä deň. Tebigy iki suwly gips çökündi dag jynsy bolup esasan  $\text{CaSO}_4$  -iň iri we ownuk kristallaryndan ybarat. Dag jynsynyň daşky görnüşü we gurluşy boýunça ownuk kristallik gips, gips şpaty, sement, däne görnüşli gips (alibastr).

Gips dag jynsy düzüminde az mukdarda toýun, çäge, hek daşyny we beýlekileri saklaýar. 2 suwly gipsiň ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) himiki düzümi: 32,56% CaO; 46,51%  $\text{SO}_3$  ; 20,93%  $\text{H}_2\text{O}$

Standarta laýyklykda gips berkidiji maddalaryň önümçiligi üçin gips daşy 1-nji sort üçin-95%-den suwly gips az bolmaly däl, 2-nji sort üçin 90%-den az bolmaly däl. 3-4-nji sort üçin 10-70% az bolmaly däl.

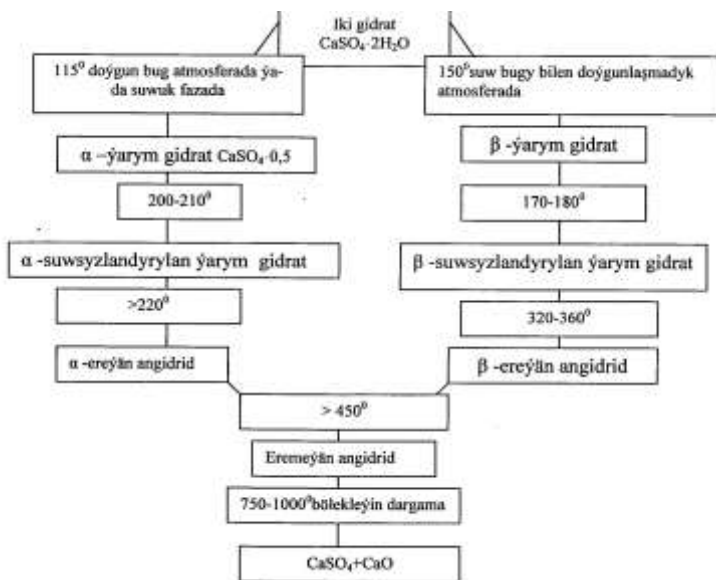
2 suwly gipsiň degidratasiýasy

2 suwly gipsiň degidratasiýa derejesi şulara bagly

1. Temperatura.
2. Gyzyrylyşynyň uzaklygy.
3. Suw bugynyň basyşy.

Açyk enjamda ýakylanda gipsdäki suw bug görnüşde bölünip çykýar. Ýapyk enjamda ýakylanda (ýokary basyşda) gipsdäki suw damjalaýyn-suwuk ýagdaýda bölünip çykýar.  $650^{\circ}$  C temperaturada gyzyrylanda gips haýal suwuksyzlanýar.  $100^{\circ}$  - $140^{\circ}$  C -da 2 suwly gips ýarym gidrata çenli degidratasiýa geçýär. Ýarym suwly gipsiň 2 modifikasiýasy bolýar  $\alpha$ ,  $\beta$ .  $\alpha$  modifikasiýaly ýarym gidratyň emele gelmegi bugardyjy kotýollarda (suwuň suwuk ýagdaýda gatnaşmagynda).  $\beta$  modifikasiýa-aýlanýan we şahta peçlerinde alynýar. (suwuk bug görnüşde çykýan).  $200^{\circ}\text{C}$ -dan ýokary temperaturada suwuksyzlaşma prosesi çalyşýar. Gips suwsuz modifikasiýa geçip başlaýar.  $200^{\circ}\text{C}$ -dan  $300^{\circ}\text{C}$ -a çenli temperaturada suwsyz gipsden ybarat. Ondan ýokary temperaturada ereýän angidrid eremeýän angidride geçip

başlaýar.  $450^0$  -  $750^0$  C -a ýakylanda tutuşlygyna eremeýän anhidritden ybarat bolan önüm alynýar. Olar haýal ýa-da düýbünden tutmaýarlar.  $750^0$  -  $1000^0$  C temperaturada suwsuz gipsiň häsiýetleri täzeden ütgäp başlaýar we alynýan önüm ýene-de gatamaga ukyply bolýar. Şol temperatura aralygynda kükürtturşy kalsiýniň dissosiasiýasy geçip başlaýar we ýakylyp alynýan önümiň düzüminde erkin hek emele gelýär.

$$2\text{CaSO}_4 \rightarrow 2\text{CaO} + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2$$


11-nji Surat . 2 suwly gips tehniki işlenende gçýän prosesleriň tehnologi gurluşy  
 $1000^0$  C -dan ýokary temperaturada erkin hekiň mukdary artýar we alynýan önümiň tutuşmagy çaltlaşýar. (Surat 11.) 2 suwly gips tehniki işlenende gçýän prosesleriň tehnologi gurluşy

D.S.Bel'yaýkin, L.G.Bergiň synaglarynyň netijesinde  $\text{CaSO}_4$ -iň birnäçe modifikasiýalarynyň bardygyny kesgitleýdirler. Olar:  
Iki suwly  $\text{CaSO}_4$   
 $\alpha$  -0,5 suwly  $\text{CaSO}_4$   
 $\beta$ -0,5 suwly  $\text{CaSO}_4$   
 $\alpha$ -suwsuzlandyrylan ýarym gidrat  
 $\beta$ -suwsuzlandyrylan ýarym gidrat  
 $\alpha$ - ereýän anhidrid  
 $\beta$ -ereýän anhidrid  
eremeýän anhidrid

### 3.1. Gurluşyk gipsiň önümçiligi

Dykyz gips jynsyndan gurluşyk gipsini almagyň önümçiligi 3 tapgyrdan ybarat:

1. Gips daşyny owratmak.
2. Üwemek.
3. Materialy ýakmak.

Gurluşyk gipsini öndürmegiň esasy usullary.

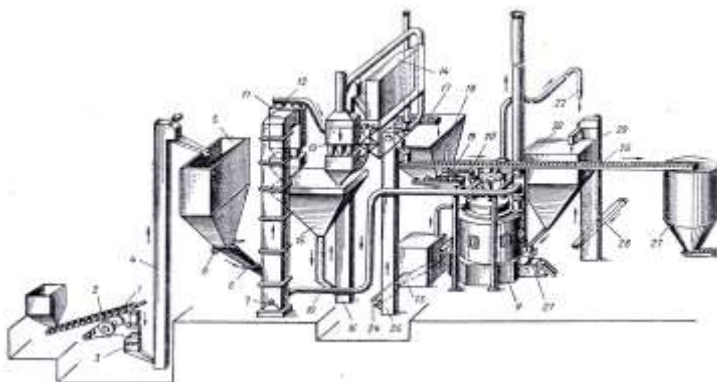
- 1.Çig maly öňünden guratmak we owratmak, ondan soň gipsiň degidratasiýasy (gips gaýnadylýan kotýollarda gipsi ýakmak)
- 2.Iki suwly gipsi guratmak, üwemek we ýakmak.

1. Dürli ululykda bolan gipsi şahta aýlanýan kamera we beýleki peçlerde ýakmak, ýakmak prosesinden soň ýarym gidraty owratmak.

Gips gaýnadylýan kotýollar gurluşyk gipsiniň alnyşynyň gurluşy.

Sepleşdiriji materiallary öndürmek üçin tehnologiýa beýanlary çig malyň fizika-mehaniki häsiýetlere degişli: gurluşyk gipsi taýýarlamagagyň tehnologiýa shemasy we enjamlary aşakdaky 12-nji suratda.





12-nji Surat . Gurluşyk gipsiniň önümçiliginiň gurluşy

Gips daşlary bunkerden plastinaly konweýer – 1 bilen ýaňakly owradyja – 2 äkidilýär, şondan soň ikinji gezek çekiçli owradyja – 3 gelýär. Owradyjy bölümden elewator – 4 kömegi bilen gipsli şeben bunker – 5 berilýär, ondan guýguç bilen 5 aşagynda peýkaly zatwor – 8 (gapyjyk) bar.

Şahtaly degirmende - 7 material üwelenýär we gipsbişiriji gazan – 9 çykýan gyzgyn gazlary bilen guradylýar, şol gazlary gaz geçiriji – 10 bilen berilýär.

Şahtaly degirmenden gips uny separator gurala gaz akymy bilen gelýär. Şol separator goşa siklon - 11, howa geçiriji - 12 batareýli siklonlardan - 13, turbaly filtrden - 14 ybarat. Goşa siklonda - 11 materialyň bir bölegi galýar we bunker - 15 düşýär. Gips unyň beýleki bölegi bolsa gaz bilen, şol gazlary arassalamak üçin batareýly siklonlara - 13 gelýär. Soňky, iň inçe fraksiýa, turba filtra - 14 gaçýar. Howany arassalamak üçin elektrofiltrlerem ulanýarlar.

Üç tozangaçyryjydan üwelen gips umumy bunkere - 15 ýygnaýlar we elewator - 16 we şnek - 17 bilen gipsbişiriji gazanyň üstünde duran bunkere - 18 äkidilýär. Şol bunkerden - 18 üwelen gips iki şnek - 19 we - 20 bilen aram–ara gipsbişiriji

gazana ýüklenýär. Şol gazan gipsi degidrolizlemek – taýýar gips almak (ýarymsuwuklyk) gerek. Gazan peç (topka) – 21 bilen gyzdyrylýar we çykýan bug gazçykaryjy - 22 bilen tozan gaçyryja äkidilýär. Bişirip gutaran soň gyzgyn gips gazandan bunker - 22 basyrylmak üçin özi akyp gelýär we şnek - 24, elewator - 25 we şnek - 26 bilen bufer ambara - 27 äkidilýär. Kömürli ýangyç gipsbişiriji gazanyň pejine – 21 lentaly konweýer – 28, elewator – 29 bilen bunkerden – 30 gelýär.

Gips daşy karýerlerden ululygy 300-500 mm bolan ölçegde getirilýär. Şonuň üçin hem ony owratmaklyk zerurlygy ýüze çykýar. Owratmaklyk iki ýa-da bir tapgyrda eňekli owradyjylarda 30-50 mm, çekiçli owradyjylarda 10-15 mm çenli owradylýar.

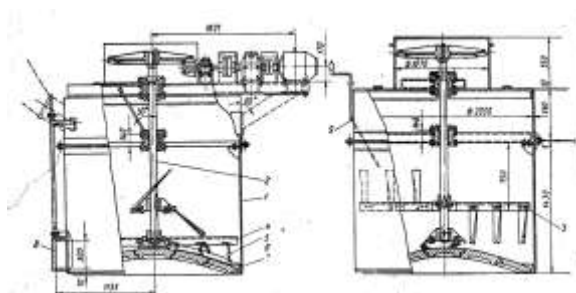
Gipsi ownuk görnüşe getirmeklik şahta, rolik maýatnikli we beýleki üweýjilerde geçirilýär. Çyg iki suwly gipsi üwemek kyn. Şonuň üçin hem täze zawodlarda guratmaklygy we owratmaklygy bilelikde geçirýärler. Ol üweýji kameradan, waldan, rotardan we beýikligi 12-15 m bolan şahtadan ybarat.

Gaýnaýan kotýolda gipsi guratmak üçin patrubok we gapdal kanallar boýunça üweýjä 300<sup>0</sup> -400<sup>0</sup> C temperaturada bolan gyzgyn gazlar berilýär. Bu üweýjide gipsde kristallizasion suwuň käbir bölegi çykýar. Gazlaryň akymy owradylan we guradylan materialy owradyjy kameradan şahtany ýokary çykarýar. Bu ýerde ownuk bölejikler gaz bilen bilelikde tozançökdüriji desga düşýär, iri bölekleri gaýdyp barýar. Şahta üweýjiniň öndürijiligi 3-5-den 12÷25 t/sag.

### **3. 2. Gips gaýnadyjy kotýol**

Tozan arassalaýjy sistemada çökdürilen gips poroşogy harçlaýjy bunkere ondan soň gaýnaýan kotýola berilýär. Ýakma prosesinde ýarym gipsden ybarat bolan önüm alynýar. Önümde 2 gidratyň (1-2%) şeýle hem suwsuzlandyrylan ýarym gidratyň we ereýän anhidritiň bolmagy onuň suw talap

edijiligini peseldýär. Gips gaýnadyjy kotýol wertikal ýerleşdirilen polatdan ýasalan baraban (1). Gips gaýnadylanda garyşdyrmak üçin kotýolda garyjy (2) goýulan. Ol wertikal waldan pilçeden (6) we geçirijiden ybarat. Pilçe görnüş materialy garmaklygy we kotýolyň diwarlaryna tarap giden materialy kotýolyň merkezine ibermekligi üpjün edýär. Aşaky pilça (4) zynjyr (5) bilen gysgyç (6) berkidilen we çoýundan ýasalan düýbini arassalaýjy (7) hem-de kotýolyň aşaky böleginde ýükleýji şriber (8) bar. Gipsiň gaýnama temperaturasyna gözegçilik etmek üçin termopara (9) oturdylan. Kotýoly patrubbkaly we bug çykaryjy truba bilen ýapýarlar. Ondan soň gips gaýnadylanda emele gelýän buglar çykýar. Kotýol wertikal goýulan we kerpiç bilen örtülen. Gipsiň gyrađeň ýaýramagy üçin we gyzdyrylan üsti ulaltmak üçin uly göwrümlü gaýnadyjy kotýolda gyzdyryjy turbalar ýerleşdirilen. Bu ýagdaýda ýanyjy gazlar ilki bilen düýbi gyzdyrýarlar soňra halkaly kanallarda gapdal üfleýji gyzdyryp gaýnaýan kotýolda gyzdyryjy turbalar boýunça geçýär we tüsse çykaryjy turbadan çykýarlar. Gazlar köplenç gaýnadyjy kotýoldan iki suwly gipsi guratmak we üwemek üçin desga berilýär. Munuň özi ýangyjyň tygşytlygyna getirýär. Kotýoly wintli konweýeriň kömegi bilen 2 suwly gipsiň ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) paroşogy bilen ýükleýärler. Suw buglary turba arkaly çykarylýar. (surat-13 gips gawnadyjy kotvol.)



13-nji Surat . Gips gaýnadyjy kotýol

- 1- polat baraban; 2-aýlanýan wal ; 3,4 - pilçeler; 5-zynjyr; 6- gysgyç; 7-düýbini arassalaýjy; 8-düşürýän şiber; 9-termopara.

### **3.3. Gipsiň kotýolda ýakylyşy**

Kotýol gyzdyrylandan soň garyjyny işledýärler we gips paroşogyny ýükläp başlaýarlar. Gaýnatma prosesiniň dowamlylygy kotýolyň ölçegine temperaturasyna we çyglylyk derejesine gipsiň bölekleyin degidratasiýasyna bagly. Hemişe gaýnatmagyň dowamlylygy 1-3 sagada çenli dowam edýär. Başda 20-30 min gips  $60^0$  - $70^0$  C çenli gyzdyrylýar. Materialyň temperaturasy kristallizasion suwuň bugarmagy we bölünip çykmagy netijesinde üýtgemeyär. Şol wagt gips paroşogynyň "gaýnamagy" bolup geçýär. Gipsiň degidratasiýasy geçip gutarandan soň temperatura ýokary galýar we buguň emele gelmesi adatça gip çökýär. Materialyň gyzdyrylmagy  $170^0$  -  $200^0$  C geçirilende ýarym suwly gipsiň ereýän angidride çenli suwsuzlanmagyna getirýär we onuň hilini ýaramazlaşdyrýar. Gips 3-4 sag. dowamynda gaýnadylýan wagty  $140$ - $150^0$  C saklamagy önümiň suw talap edijiligini peseltýär we onuň berkligini ýokarlandyrýar. Gipsiň suw talapedijiligi Ýu.A. Ipaşewanyň synaglarynyň görkezişi ýaly ol nahar duzy goşulyp gaýnadylanda peselýär.

### **3.4. Gurluşyk we ýokary berklikli gipsiň häsiýetleri**

Gipsiň suw talap edijiligi- teoretiki taýdan ýarym suwly gipsiň 2 suwly gipsi emele getirmegi bilen gidratasiýasynyň geçmegi üçin berkidiji maddanyň massasyndan 18,6 % suw zerur. Praktikada bolsa normal goýulykda bolan gurluşyk gipsini almak üçin 50-70% suw talap edilýär. Ýokary berk gips üçin 30-40% suw talap edilýär. Gipsiň suw talap edijiligi onuň ownuklyk derejesiniň artmagy bilen ýokarlanýar. Gipse goşulýan suwa goşundylar garylanda (keratin, hek-kley,

snelfid-drož, brašpa we onuň konsentraciýalarynyň sintetiki kislotalary) hem onuň suw talap edijiligi peselýär. Şol maddalaryň kömegi bilen gurluşyk gipsiniň normal goýulygy 10-15%-te çenli peseldip bolýar, ol gips önümçiliginiň artdyrýar.

*Berkeme (tutluşma) wagty.* DS 125-den 70-e laýyklykda gurluşyk gipsiniň tutluşmagynyň başlangyjy 4 minutdan öň soňy bolsa 6 minutdan öň (ýöne suw goşulandan soň 30 minutdan soň bolmaly däl) bolmalydyr. Ýokary berk gipsiň berkemeginiň başlangyjy 4 minut öň soňy bolsa gips hamyrynyň garylyp başlan wagtyndan 8-20 min soň bolmalydyr. Gipsiň berkeme wagty çig malyň häsiýetine taýýarlanyş tilsimatyna, berkidiji maddanyň we suwuň temperaturasyna garylyşynyň şertlerine goşundylaryna we başgalara bagly. Gips hamyrynyň temperaturasynyň 40<sup>0</sup> -45<sup>0</sup> C çenli artdyrylmagy berkeme wagtyny aňsatlaşdyrýan ondan ýokary galdyrylan bolsa berkeme peselýär.

*Gips garyndysynyň temperaturasy.* 90<sup>0</sup> -100<sup>0</sup>C bolanda berkemegi we gatamagy togtaýar. Munuň özi görkezilen we ondan ýokary temperaturada ýarym suwly gipsiň suwda ereýjiligi 2 gidratyň ereýjiligine pesdigi bilen düşündirilýär. Täsir ediş mehanizmi boýunça W.B.Ratinow berkidiji maddalaryň şol sanda gipsiň berkeme wagtyny sazlamak üçin goşundylary 4 topara bölýär:

1. Berkidiji maddalaryň ereýjiligi üýtgedýän we olar bilen himiki reaksiýalara gatnaşmaýan goşundylar. Eger-de mysal üçin NaCl, CaCl, NaSO<sub>4</sub> we beýleki goşundylar ýarym gidratyň suwda ereýjiligi çaltlaşdyrýan bolsa onda gipsiň berkeme wagty (tutluşmagy) tizleşýär we tersine eger-de (ammiak, etil spirti we ş.m.) ereýjiligi peseltýän bolsa berkeme wagty peselýär.
2. Berkidiji maddalar bilen täsirleşip kyn ereýän ýa-da az dissosirlenýän birleşmeleri emele getirýän goşundylar. Bu goşundylar (gips üçin natriý fosfaty,

bura, bor kislotasy we beýlekiler) ýarym gidratyň üstüne goraýjy plýonkany emele getirýärler. Netijede gipsiň berkeme wagty peselýär.

3. Kristallaşma merkezi bolup durýan maddalar olar  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  we başgalar. Olar gipsiň berkeme wagtyny tizleşdirýärler.
4. Üst aktiw goşundylar olar ýarym suwly we 2 suwlygipsiň bölekleri bilen absorbirleşýärler we kristallaryň emele gelmeginiň tizligini peseldýärler. (sulfid spirti, braşka). Gurluşyk gipsiniň hiline bolan talaplar

(tab. 7.).

Görkezijiler	1 sort	2 sort	3 sort
Ownuklygy-N02 elekde galan % köp däl	15	20	30
Nusga-balkalaryň egreldilende berklik çägi MPa az däl	2,7	2,2	1,7
Gysylanda berklik çägi Mpa, az däl (1,5 sag)	5,5	4,5	3,5

Ýokary berk gipsiň berkliginiň görkezijilerine bolan talaplar.

(tabl 8)

Gipsiň markasy	Berklik çägi MPa		
	1 gije-gündizden soň gysylanda	Süýndirilende	
		1-gije-gündizden soň	Hemişelik massa çenli gatadylan
200	20	2	2,7
250	25	2,2	3,2
300	30	2,5	3,5
350	35	2,8	4
400	40	3,1	4,3
450	45	3,4	4,6
500	50	3,7	5

### 3.5. Formalajjy gips

Ol  $\beta$  ýarym gidratdan ybarat we gurluşyk gipsinden has ownuklygy, berkligi bilen tapawutlanýar. Ol 2 topara bölünýär. Formalajjy gipsi almak üçin düzüminde 95% 2 suwly  $\text{CaSO}_4$ -i saklaýan gips daşy ulanylýar. Formalajjy gips formalary, modelleri we gurluşyk, keramika, maşyn gurluşyk we beýleki senagatlarda önüm almak üçin ulanylýar.

Formalajjy gipse bolan talaplar 9-njy tablisada görkezilen.

### 3.6. Angidrid berkidijiler. Angidrid sement

Budnikow tarapyndan tekliپ edilen angidrid sement eremeyän angidritden ybaratdyr. Ol 2 suwly gipsiň  $600^0$  - $700^0$  C -da ýakylymagy we alnan önümiň dürli görnüşini mineral aktiwizatorlar ownuk poroşoga çenli owratmak arkaly alynýar. Aktiwizator hökmünde käbir metallaryň sulfatlary ( $\text{NaSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ) şeýle hem aşgar häsiýetler bu tapawutlanýan (hek ýakylan dolomit, granulirlenen domna şlaklary we ş.m.) ulanylýar.

Tab. 9

1	2	3
Görkezijiler	1-nji sort	2-nji sort
Üweliş derejesi elekdäki galyndy köp bolmaly däl, % N=02 N=008	0,5 1,5	1,5 7,5
Suw goşulandan soň berkemeğiň başlangyjy, min Ir bolmaly dl Soňy	8 15-20	6 10-25
Berkligi Mpa bir gije-gündizde az bolmaly däl Süýndürilende	7,5 1,3	6,5 1,1

1	2	3
Hemişelik madda çenli gyzdyrylanda nusgalygyň berkligi, Mpa		
Gyzdyrylanda	16	14,5
Süýndürilende	2,3	2,1
Göwrümiň giňelmegi	0,15	0,15

Angidrid sementler 3-5% mukdarda hek, demir ýa-da mis kuporosy bilen  $\text{NaSO}_4$ -iň garyndysy 0,5-1%, ýakylan dolomit 3-8% granulirlenen domna şlagy 10-15% goşulýar. Aktiwizatorlar (gatamagyny tizleşdirýär) angidrid sementine angidrid üwelende goşulýar. Gips daşy şahta ýa-da aýlanýan peçde ýakylýar. Şahta peçde ýakmak üçin ýaňakly owradyjyda  $50^0 - 100^0 \text{ C}$  mm çenli owradylýar. Aýlanýan peçlerde ýakmak üçin bolsa 30-40 mm çenli owradylýar. Peçden çykýan angidrid şarly üweýjide üwelýär. Angidrid sementiň ownuklyk derejesi N 008 elekden geçirilende materialyň 85%-den az geçmeli däl. Pes temperaturada ýakylan gips berkidijilerinden tapawutlylykda sement gatanda göwrümi ulalmaýar. Angidrid sement 4 marka bölünýär.

Angidrid sementiň berkligine bolan talaplar.

(tabl.10)

Markasy	Nusganyň berklik çägi		
	gysylanda		süýndürilen de
	1-gije- gündizde	Hemişelik massa çenli guradylanda	
50	2,5	5	0,6
100	7	10	1,2
150	9	1	1,5
200	11	20	2



### **3.7. Ýokary berkidiji gips (estrih –gips). Ýokary temperaturada ýakylan gips**

Iki suwly gipsiň  $800^0$  - $1000^0$  C -da ýakylmagy we ondan soň owardylmagy bilen alynýar. Ol suwsuz kükürtturşy kalsiden we köp bolmadyk mukdarda gatamagyny tizleşdiriji CaO-dan ybarat. Ýokary temperaturada ýakylan gipsiň düzümi:

1. Eremeýän angidrid-75-85%
2. Erkin CaO-2-4%
3. Ýarym suwly gips-8-15%
4. Toýunsow goşundylar 7-10%-den köp bolmaly däl
5. Kükürtli kalsiý-0,1%

Estrih gips haýal tutuşýan berkidiji.

### **3.8. Ýasaýjy angidrid sementi**

Düzümünde az mukdarda demir saklaýan gips daşynyň aktiwizator bilen bilelikde  $600^0$  - $750^0$  C -da 1 ýa-da 2 gezek ýakylmagy bilen we ownuk görnüşe getirilmegi bilen alynýar. Çig mal hökmünde 98,5% 2 suwly  $\text{CaSO}_4$ , 0,05% demiriň oksidi, karbonat-0,5% ulanylýar.

Ýasaýjy sementiň hilini häsiýetlendirýän görkezijiler:

1. Normal goýulykdaky hamyry almak üçin suw talap ediljiligi 37-43%
2. Tutluşmagynyň başlangyjy 1-2 sagat
3. Soňy 2-5 sagat
4. Normal goýulykdaky hamyrdan ýasalan nusgalaryň süýndürilende berklik çägi;

Gije-gündizden soň:

1 gije-gündiz-2,5 MPa

7 gije-gündiz-2,2 MPa

28 gije-gündiz-2,5MPa

5. Gysylandaky berklik çägi:

7 gije-gündizden soň-20-25 MPa

28 gije-gündizde-25-35 MPa

Ýasaýjy angidrid sementi dekoratiw we ýasamak işlerinde ulanylýar. Olardan ýasamak üçin erginler, arhitektur gurluşyk önümleri şeýle hem ştukaturka we plita görnüşde emeli mramor taýýarlanylýar.

### **3.9. Magnezial berkidiji maddalar. Kaustik magnezit**

Kaustik magnezit diýlip esasan magniý okisinden ybarat bolan poroöoga aýdylýar. Ol  $700^0$  - $800^0$  C ýakylan magnezitiň üwelmegi bilen alynýar. Beýleki berkidijilerden tapawutlylykda kaustik magneziti suw bilen dälde  $MgCl$ -ň ýada kükürtturşy ergini bilen garýarlar. Şonuň ýaly görnüşde oňa magnezial sement diýilýär. Çig mal hökmünde magnezit ulanylýar. Magnezit-dag jynsy. Esasan magniý karbonatyndan ybarat, ol çal, ak, sary reňkde bolup bilýär.

Magnezit ýakylanda onuň dargama prosesi bolup geçýär.  $MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$

Dargama reaksiýasy endotermiki reaksiýasydyr. Magniý karbonatynyň  $MgCO_3$ -iň dargamagy  $400^0$  C -da başlaýar. Ýöne has doly geçişi  $600^0$  - $650^0$ C-da geçýär.  $800^0$ C-dan ýokary temperaturada magniý okisi dykyzlanýar we iri kristallik gurluşy emele getirýär. Şonuň ýaly görnüşde  $MgO$ -ne periklaz diýilýär. Ol suw bilen täsirleşmeýär diýen ýaly. Ondan başga-da  $850^0$  - $900^0$ C temperaturada kömürturşy kalsiý dargap başlaýar we kalsiý okisini emele getirýär. Ol bolsa önümiň gigroskopikligini artdyrýar.

Ulanylýan peçler: şahta we aýlanýan peçler.

### **3.10. Kaustik dolomit**

Kaustik dolomit magniý oksidinden we kömürturşy kalsiden ybarat. Ol  $600$ - $700^0$ -da ýakylan dolomitiň üwelmegi bilen alynýar. Kaustik dolomitde toýun we çäge goşundylary bolýar we köp bolmadyk mukdarda erkin  $CaO$  (1-2%) bolýar.

Dolomit dürli temperaturada ýakmak bilen şu aşakdaky materiallary almak bolýar:

1. Kaustik dolomit,  $\text{MgO}$  bilen  $\text{CaCO}_3$ -den ybarat we  $650^\circ\text{C}$ - $700^\circ\text{C}$ -da ýakylyp alynýar we üwelýär.
2. Dolomit sement,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  we  $\text{CaCO}_3$ -den ybarat. Ol  $750^\circ\text{C}$ - $850^\circ\text{C}$ -da ýakylmagy we ondan soňra ownuk görnüşe getirilmegi bilen alynýar.
3. Dolomitli hek  $\text{Mg}$  we  $\text{Ca}$  okisinden ybarat we  $900^\circ\text{C}$ - $950^\circ\text{C}$ -da ýakylyp alynýar. Gyzyp tutluşmagyndan öň  $1400^\circ\text{C}$  -  $1500^\circ\text{C}$  çenli ýakylan dolomit oda çydamly material hökmünde ulanylýar. Ol suw bilen täsirleşmeýär. Kaustik dolomit 15%-den az  $\text{MgO}$ -ni we 2,5%-den köp bolmadyk erkin 30-35% bolmaly.

Kaustik dolomit we kaustik magnezit 02 elekde 5%-den köp bolmadyk galyndy galýança üwelýär. Tutluşma wagtynyň başlangyjy otag temperaturada 3-10 sagatda başlaýar. Soňy 8-20 sagatda gutarýar.

Kaustik msgnezitiň tutluşma wagtynyň başlangyjy 20-minut, soňy bolsa, 6 sagatdan giç däl. Kaustik magnezitiň tutluşma wagty ýakylyşyna we ownuklyk derejesine bagly. Aşa köýdürilen we iri üwelen bolsa onuň tutma wagty haýýalýar. Doly ýakylmadyk we ownuk üwelen bolsa tutluşma wagty çaltlaýar.

Magnezial sementiň gurluşykda ulanylyşy: Ksilolit pollary (grek sözünden agaç-daş) ýerleşdirmek üçin ulanylýar. Esasy dolduryjy agaç opilkalary ulanylýar.

Ksilolit plitkalary ýasamakda ulanylýar. Dürli görnüşli ýylylyk çaltlaşdyryjy materiallary (penomagnezit we gazomagnezit) taýýarlananda ulanylýar.

#### **4. Gurluşyk howa heki**

Gurluşyk howa heki-hek magnezial karbonat jynslarynyň kömür kislotasy doly aýrylýança ýakylmagy bilen alynýan önüm. Ol diňe  $\text{CaO}$ -dan ybarat. Karbonat jynslarda toýunyň,

kwars çägesiniň we beýlekileriň mukdary 6-8%-den geçmeli däl. Howa heki adaty temperaturada we pussolon maddalary goşulan ýagdaýda diňe howa sreda-da gataýar.

Howa hekiniň görnüşleri:

1. Tokgalanan sönmedik hek
  2. Üwelen sönmedik hek
  3. Gidrat (puşonka) heki
  4. Hek hamyry
1. Sönmedik tokga hek- himiki düzümi boşunça tutuşlygyna erkin kwarsly we magniý okisinden ybarat bolup  $\text{CaO}$ -ni saklaýar.
  2. Üwelen sönmedik hek- tokgalanan hekiň ownuk görnüşe getirilen görnüşü. Himiki düzümi boýunça tokgalanan heke meňzeş.
  3. Gidrat heki-Ýokary dispers gury poroşok, tokgalanan ýa-da bug halyndaky suwuň laýyk gelyän, mukdary bilen söndürilmegi bilen alynýar. Gidrat heki  $\text{Ca(OH)}_2$ -den we  $\text{Mg(OH)}_2$ -den, şeýle hem az mukdarda goşundylardan ýagny  $\text{CaCO}_3$ -den ybarat.
  4. Hek hamyry- tokgalanan ýa-da üwelen sömedik heke  $\text{Ca}$  we  $\text{Mg}$  okisleriniň gidratlarynyň we hamyr görnüşli massanyň emele gelmegini üpjün edýär.

Magniý saklaýşyna baglylykda howa hekiň şu görnüşleri bolýar:

$\text{MgO}$ -5%-den köp bolmasa – kalsili.

$\text{MgO}$ -5÷20% çenli bolsa – magnezial.

$\text{MgO}$ -20 ÷ 40% çenli bolsa- dolomitli hekdir

Howa hekiniň hiline dürli görkezijiler bilen baha berilýär. Olaryň esasysy hem hekde erkin  $\text{Ca}$  we  $\text{Mg}$  oksidleriniň bolmagydyr. Onuň mukdary ýokary boldugyça hekiň hili hem ýokary bolýar. DS 9179-77 laýyklykda hekiň düzümindäki  $\text{Ca}$  we  $\text{Mg}$  oksidleriniň umumy mukdaryna baglylykda 3 topara bölünýär.

(tabl.11.)

Hekiň görnüşleri	I	II	III
Sönmedik kalsili hekde aktiw CaO, MgO	90%	80%	70%
Dolomitli hekde	85%	75%	65%

Howa hekiniň häsiýetleriniň esasy görkezijileriniň biri hem hamyryň çykyşydyr. Ol 1 kg hek öndürilende alynan hek hamyrynyň mukdary bilen kesgitlenýär. DS 9179-77 hekiň sönme tizligi bilen tapawutlanýar. Tiz wagtda sönýän hek 8 minutdan köp däl, ortaça sönýän-25minutdan köp däl, haýal sönýän hek 25 min köp.

#### 4.1. Ulanylýan çig mallar

Howa hekiniň önümçiligi üçin çig mal hökmünde hek-magnezial, karbonat jynslaryň (hek daşy, mel, dolomitli hek daşy, dolomit we beýlekiler) köp görnüşleri ulanylýar. Olaryň hemmesi çökündi jynslara degişli hek daşynyň düzümine

$\text{CaCO}_3$  we köp bolmadyk mukdarda dürli goşundylar (toýun, kwars çägesi, dolomit, pirit, gips we ş.m.) girýär. Teoretiki kalsiv karbonat  $\text{CaO}$  46%,  $\text{CO}_2$  44% we ol iki mineral görnüşinde duş gelýär. Kalsit we aragonit.

Kalsit- adaty temperaturada gowşak azot kislotasynda kömürturşy gazy bölüp çykarmak bilen ereýär. Dolomit bolsa şol şertlerde dargamaýar. Kalsitiň dykzlygy  $\rho=2,6-2,8 \text{ g/sm}^3$ . 10 bally şkala boýunça (Mohsyň şkalasy) boýunça gatylygy kesgitlenýär. Onuň gatylygy 3 deň.

Aragonitiňki 3,5-4,5 deň.  $\rho=2,9-3 \text{ g/sm}^3$ . Aragonit  $300^0 - 400^0 \text{ C}$  -da kalsite öwrülýär. Dolomitli hek daşynda goşundy hökmünde  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  bolýar. Teoretiki taýdan dolomit

54,27%  $\text{CaCO}_3$  , 45-73%  $\text{MgCO}_3$  ýa-da 30,41%  $\text{CaO}$ , 21,87%  $\text{MgO}$ , 47,72%  $\text{CO}_2$ .  $\rho=2,85\text{-}2,95 \text{ g/sm}^3$  deňdir.

Arassa hek magnezial jynslar ak reňkli,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  goşundylary bolan ýagdaýynda sarymtyl gyzylymtyl, goňur reňkde, kömür goşundylary bar bolsa çal we gara reňkde bolup bilýär. Arassa we dykyz hek daşlary  $1100^0\text{ -}1250^0\text{C}$ -a çenli ýakylýar. Iular valy hek gowy suw bilen suw bilen söndürilýär we çeye hamyr emele gelýär. Gipsiň garyndylary wajyp eger gipsde 0,5-1% gips bolsa hekli hamyryň çeyeligini peseldýär. Fiziki-mehaniki häsiýetleri hekiň tehnologiýasyna täsir täsir edýär. Iri kristally hek ýakylanda dargaýar. Kalsitiň kristallary 1-3 mm ölçegde bolýar.

Hekli- magneziýally ýumşak görnüşli jynslary (mel we ş.m.) materialyň maýdalanmajak peçlerde ýakmaly.  $\text{CO}_3$  jynsynda dolomit toýun, çäge we beýleki goşundylary köp boldugyça ýakylmagyň optimal temperaturasy şonça-da pes bolmaly ( $900^0\text{ -}1150^0\text{ C}$ ) Hek berkidiji maddalaryň önümçiligi üçin çig mallaryň takmynan toparlara bölünişi.

(tabl.12)

Çig mal	Mukdary, %			Alynvan hek
	$\text{CaCO}_3$	$\text{MgCO}_3$	Tovunsow goşundylar	
Hek daýy:				
Arassa	95-100	0-3	0-2,5	Az
Adaty	87-95	0-3	3-8	magnezially
Mergelli	75-90	0-5	8-25	Az
Dolomitli	75-90	5-20	0-8	magnezially
Dolomit	55-75	25-45	0-8	Gidrawliki
Dolomitleşen mergelli hek daşy	50-70	5-25	8-30	Magnezially Dolomitli Magnezially gidrawliki

## 4.2. Sönmedik (tokgalanan) hek

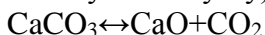
Önümçiligiň esasy etaplary:

Hek daşyny almak we taýýarlamak, ýangyjy taýýarlamak we hek daşyny ýakmak. Hek daşyny hemişe açyk usul boýunça karýerlerde ýokarky gatlaklary aýyrandan soň alýarlar. Onuň üçin ilki bilen urup alynýan buraw, stanok ýa-da aýlanýan buraw stanogyň kömegi bilen skwažinalary ( $d=105-150$  mm) burawlaýarlar. Çuňlugy 5-8 m, biri-birine skwažinalaryň aralygy 3,5-4,5 m, olara partlaýjy madda (igolonit, ammonit) goýulýar. Alnan hek daşynyň massasyny iri we ownuk görnüşde transport serişdelerine ýükleýärler. Ýokary hilli hekiň bölekleriniň ululygy köp tapawutlanmaýar.  $\text{CaCO}_3$  jynslary ýakylanda alyp bolýar. Dürli ölçegde bolan material ýakylanda gyrađen ýakylmadyk hek alynýar. Ondan başga-da şahta peçe ýüklenende pejiň dolyşynyň derejesi artýar. Netijede materialyň gaz geçirijiligi peselýär. Ol bolsa ýakylmagyny kynlaşdyrýar. Şahta peçlerinde 40-80, 80-120 mm fraksiýalarda bolan hek daşy ýakylýar. Aýlanýan peçde bolsa 5-20, 20-40 mm bolýar.

Howa hekiniň önümçiliginde esasy tapgyrlaryň biri bolan ýakmak prosesidir.

Ýakylmagyň netijesinde çylşyrymly fiziki-himiki prosesler bolup geçýär. Ýakmagyň maksady:

1. mümkin boldugyça  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  doly dargamagy
2. Ýokary hilli önüm almak. Eger çig malyň düzüminde toýun we çäge goşundylary bar bolsa ýakylanda olaryň we  $\text{CO}_3$ -iň arasynda Ca we Mg silikatlaryň, alýuminatlaryň we ferritleriň emele gelmegi bilen reaksiýa bolup geçär. Dargama (dekarbonizasiýa reaksiýasy)



1 mol  $\text{CaCO}_3$ -ň dekarbonizasiýasy üçin 179 kž harçlanýar  $\text{CaCO}_3$ -ň dissosiasiiýa prosesiniň ugry temperatura we kömürturşy gazynyň porsial basyşyna bagly. Kömürturşy

kalsiniň dissosiasıýasy gurşap alýan sreda-da  $\text{CO}_2$ -ň parsial basyşdan dissosiasıýa basyşy ýokary bolan ýagdaýynda geçýär. Adaty temperaturada  $\text{CaCO}_3$  dargamagy mümkin däl. Sebäbi dissosiasıýa basyşy pes.  $\text{CaCO}_3$ -iň dargamagy tutuş massa boýunça birden geçenok, ilki bilen üstünde we soňra içki böleklerine geçýär.

Dissosiasıýa zolakdakysynyň bölekleriniň içine süýşme tizligi temperaturanyň ýokarlanmagy bilen artýar. Ýagny  $800^0\text{C}$  temperaturada dissosiasıýa zonasynyň süýşme tizligi takmynan 2 mm,  $1100^0\text{C}$ -da 1 sag. 14 min.

Ýanan gurluşyk howa hekininiň biri diňe bir erkin Ca we Mg okisleriniň düzümine bagly bolman önümiň mikrostrukturasyňa hem baglydyr. Ol Ca we Mg oksidleriniň kristallarynyň formasy we ululygy bilen kesgitlenýär.

Hek daşynyň düzümindäki käbir goşundylar aýratyn hem demir kalsiý okisiniň kristallarynyň ulalmagyna we  $1300^0\text{C}$  temperatura töwereginde oňat köýdürilmegine getirýär. Şonuň üçin hem demir goşundylary bolan çig maly has pes temperaturada ýakmaly bolýar. Hek daşyny ýakmagyň temperaturasyny taýýarlap almaklyk ondaky kömürturşy Mg-niň goşundylaryna hem bagly. Kömürturşy Ca bilen tapawutlykda  $\text{MgCO}_3$  gyzdyrylanda has pes temperaturada dargaýar. Dargama temperaturaň başlangyjy  $400^0\text{C}$ , we doly dissosiasıýasy  $650^0\text{C}$ -a geçýär. Şonda emele gelen  $\text{MgO}$  we  $\text{CaO}$ -niň reaksiyon ukyplygy temperaturanyň artdyrylmagy bilen peselýär.

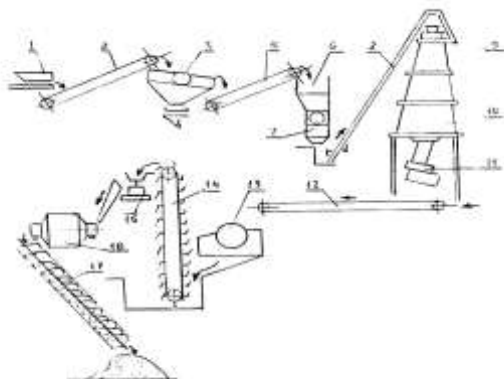
Eýýäm  $1200^0\text{C}$  - $1300^0\text{C}$ -da köýen Mg okisi periklaz alynýar, ol bolsa berkidiji häsiýeti ýüze çykarmaýar we diňe örän ownuk görnüşe getirilende suw bilen haýaljakdan täsirleşip başlaýar. Düzüminde köp mukdarda kömürturşy magnini ( $\text{MgCO}_3$  saklaýan karbonat jynslary  $900^0\text{C}$  - $1000^0\text{C}$ -dan ýokary temperaturada ýakmaly däl. Ýokary temperaturada ýakylanda Mg okisiniň berkidiji häsiýetleri ulanylmaýar.  $\text{CaO}$  bilen turşy okisleriň arasyndaky reaksiýanyň tizligi temperaturanyň ýokarlanmagy bilen artýar. Hek daşynda



toýunsow we çäge goşundylary köp boldugyça şonça-da  $\text{CaO}$ -i birleşmelere baglanyşýar. ( $\beta\text{-2CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

### 4.3. Howa hekiniň tehnologiýasy

Elektrotitreýän iýmitlendirji – 1 we konweýer – 2 bilen titreýän wibroelekklere – 3 çig maly sortlamaga iberilýär (surat 14). Maýda fraksialar (kepek) lentaly konweýer – 4 bilen heki una işläp taýýarlamaga iberilýär, şol hek un oba hojalykda



14-nji Surat . Üwelen heki öndürmegiň tehnologi gurluşy

dökün ýaly ulanylýar. Iş fraksiýasy (ýokarky klass) konweýer – 5 bilen awtomatlaşdyrylan çykýan dozatorly – 7, bunker – 6 iberilýär. Ýangyç bilen hek daşy skipli göteriji – 8 we ýükleýji gural – 9 bilen düşürilýär gural bilen enjamlaşdyrylan (şlüzli zatwor) – 11 şahtaly peje - 10 iberilýär. Ýakylan hek daşy plastinaly konweýer – 12 bilen ýaňakly owradyjy – 13

iberilýär. Şondan soň dik elewator - 14 we jamly iýmitlendiriji – 15 şarly degirmene – 16 ýüklenýär. Üwelen hek nurbatly konweýer – 17 kömegi bilen ambara berilýär.

#### 4.4. Hek ýakylýan peçler

Heki ýakmak üçin dürli görnüşli peçler ulanylýar: şahta, aýlanýan we beýlekiler şeýle hem hek çekilen görnüşde, gaýnaýan gatlakda, bişirilýän gözeneklerde ýakylýan desgalar ulanylýar. Has giňden ulanylýany şahta peçleri. Ol içi boş silindr. Daşy polatdan ýasalan galyňlygy 1sm. we iç ýüzünde oda çydamly çöýün goýulan. Ol fundamentde wertikal görnüşde ýerleşdirilen. Bu peçler üznüksiz hereket edýär we elektroenergiýany az harçlaýar.(surat 15 şahta peji)

Ulanylýan ýangyjyň görnüşine we onuň ýakylyş usulyna baglylykda şahta peçleriniň şu görnüşleri bar:

1. gysga ýalynly gaty ýangyçda işleýän şahta peçler. Ol peçlere ýakylýan material bilen bilelikde berilýär. Bu peçlere hek daşy we ýangyç garyşdyrylan gatlak görnüşde berilýär.
2. Islendik ýangyçda daşary çykarylan gyzdyryjyda ýakylan peçler.
3. Suwuk ýangyçda işleýän peçler
4. Gaz ýangyçda işleýän peçler.

Ýakylyş derejesi boýunça hek ýeňil ýakylan aralyk we güýçli ýakylan görnüşler bolýar. Şahta peçlerde bolup geçýän prosesleriň häsiýeti boýunça pejiň beýikligi boýunça 3 zona tapawutlandyrylýar:

- Gyzdyrmak
- Ýakmak
- Sowatmak

1 zona pejiň ýokary bölegi degişli. Pejiň giňişligindäki temperaturasy  $850^{\circ}\text{C}$  - dan ýokary däl. Material ýakylan tüsse gazlary bilen guradylýar we gyzdyrylýar. Bu ýerde organiki

goşundylar ýanýar. Ýakmak zonasy pejiň ortaky böleginde ýerleşen. Ýakylan materialyň temperaturasy  $850^{\circ}\text{C}$ -den  $1200^{\circ}\text{C}$  -a çenli ondan soň  $900^{\circ}\text{C}$ -a çenli. Bu ýerde hek daşy dargaýar ondan kömürturşy gazy bölünip çykýar. Sowatmak zonasyna pejiň aşak bölegi degişli. Bu zonada hek  $900^{\circ}\text{C}$  -den  $50^{\circ}\text{C}$  - $100^{\circ}\text{C}$  çenli sowadylýar. Aşakdan howa berilýär. Hek öz ýylylygyny berip howany gyzdyrýar. Ondan soň howa ýakmak zonasyna berilýär. Şahta peçlerinde howanyň we gazlaryň hereketi wentilýasiýanyň kömegi bilen amala aşyrylýar. Bu usul boýunça işleýän şahta peçleriň gije-gündizdäki öndürjiligi 50,100, 200 tonna we ondan hem ýokary bolup bilýär. Bu peçlerde hek, zola (kül) we ýangyjyň ýanmadyk galyndylary bilen hapalanýar. Şeýle hem aşa ýakylan bölejikleriň emele gelmegi mümkin. Daşyna çykarylan gyzdyryjy şahta peçlerde ýangyç hek daşy bilen bilelikde berilenok. Ýangyç daşynda ýerleşdirilen gyzdyryjyda ýerleşdirilýär onda emele gelen önümler peçe berilýär we hek daşy ýakylýar. Bu peçleriň artykmaçlygy hekiň kül garyndylary bilen hapalanmaýanlygydyr.

#### **4.5. Gaýnaýan gatlakda hek daşynyň ýakylşy**

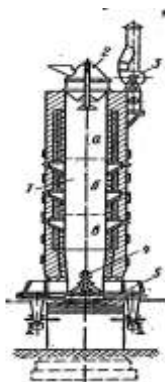
Bu peçlerde ýangyç az harçlanýar. Ýokay öndürjiligi bilen tapawutlanýar. Pejiň esasy elementi polat baraban görnüşdäki şahta iç ýüzi oda çydamly material bilen örtülen. Şahta beýikligine 5 kamera bölünen. Olaryň ýokarky ikisi we guradyjy we gyzdyryjy zona, aşakysy ýakylan zona. Oda çydamly kepiçden edilen kameralaryň arasyndaky gözenekler we diametri 6 sm bolan deşik bilen üpjün edilen. Tekiz böwet taýýarlaýjy kameralary ýakylýan kameradan bolýar. Peç şeýle hem gaz ýakyjy gural we sowadyjy üpjün edilen. Ýangyç hökmünde tebigy gaz ulanylýar. Ol howa gaz garyndysy görnüşde desga berilýär (surat 16 gaýnaýan gatlakly peç)

Karbonat çig mal turba arkaly berilýär. Bu ýerde çig mal 0,3-2,5; 2,6-10 ýa-da 3-12 mm fraksiya görnüşde ownadylýar

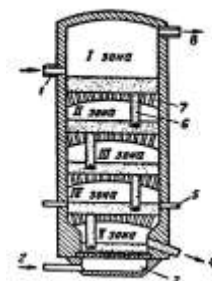
we gyzdylýar, şahta arkaly kamera geçýär. Ol ýerde temperatura  $700^0 - 750^0$  C töwereginde saklanýar.

Bu kamerada materialyň bölekleyin dekarbonizasiýasy geçýär, soňky material arkaly ýakylan kamera  $900^0 - 950^0$  C temperatura bilen berilýär. Alnan hek kameradan sowadyja geçýär. Ol ýerde howa bilen sowadylýar. Ondan soň hek geçiriji arkaly plastinkaly konweýer we ondan soň ambara geçirilýär.

Sowadyjyda gyzdrylan howa gaz gyzdryjy enjama ugradylýar. Gaz akymy düzüminde tozan saklaýar. Şonuň üçin siklona berilýär. Siklonda çöken hekiň ownuk fraksiýalary şnekiň kömegi bilen konweýere berilýär. Patrübok arkaly peçden çykýan gazlar siklonda we suwly skrubberde arassalynýar. Beýikligi 1-



15-nji Surat. Şahta peçi



16-nji Surat. Gaýnaýan gatlakly peç

gatlakly peçde materialyň ýakylyşy 10-15 minut dowam edýär.

#### 4.6. Gidrat heki we hek hamyry

Sönmedik tokgalan hek ýarym önümdir. Eger ol gurluşykda sönen görnüşde ulanylýan bolsa ony önünden gidrat hekine (puşonka) ýa-da hek hamyryny almak üçin gaýtadan işleýärler. Hekiň bu görnüşini almagyň esasy operasiýasy söndürmekdir.

Söndürilen hekde Ca we Mg okisiniň sönmedik bölekleri bolmaly däl. Sebäbi olar gatan erginlerde we betonlarda soňky gidratasiýa peçlerde olaryň hilini hem hek söndürmekde Ca we Mg okisleri olaryň gidratlaryna doly geçer ýaly bolmaly. Hek sönende köp ýylylyk bölünip çykýar.

Gidrat heki- ýokary dispers gury poroşok, ony tokgalanan we üwelen sönmedik hekiň söndürilmeginde alynýar. Olar belli mukdarda suwuklyklaryň we bug görnüşli suw ulanylýar, şonda kaliniň we magniniň oksidleri gidratlara geçýärler. Gidrat hek kaklsiý oksidiniň gidratyndan  $\text{Ca(OH)}_2$  we  $\text{Mg(OH)}_2$  birnäçe garyndylar (esasan kalsiý karbonaty) durýarlar.

Hek hamyry- üwelen we tokga sönmedik hek suwy bilen söndürip alynýar Ca, Mg oksidleri gidratlara geçýärler  $\text{Ca(OH)}_2$  we  $\text{Mg(OH)}_2$  soňra maýyşgak hamyr görnüşli massa geçýär. Saklanan hamyr 50-55% Ca, Mg oksidini özünde saklaýar we 50-45 % mehaniki we adsorbentli suw bilen baglanýar.

Howa hekiniň hilini dürli görkezijiler boýunça tapýarlar. Esasy alamatlary- bu Ca we Mg erkin oksidleriň saklanýş mukdary. Olar näçe köp bolsa, şonça-da hekiň hili ýokary. Esasy gurluşyk görkezijileri howaly hekiň –bu hamyryň çykyşy hekli hamyryň mukdaryny litrde aňladýarlar. Ony 1kg heki söndürip alýarlar. Hamyr näçe köp emele gelse, şonça-da ol çeýe we suwsindirmesi ýokary bolýar.

#### 4.7. Howa hekiniň häsiýetleri

Gurluşyk howa heki DST 9179-77 üç sorta bölünýär.

(tabl.13)

Görkezijiler	Kalsili hek			Magnezially we dolomitli hek		
	1-sort	2-sort	3-sort	1-sort	2-sort	3-sort
Sönmedik hek						
Gury madda hasabynda aktiw CaO+MgO mukdary, % az däl						
Goşundysyz hekde	90	80	70	85	75	65
Goşundyly hekde	65	55	-	60	50	-
Aktiw MgO mukdary köp däl	5	5	5	20 (40)	20 (40)	20 (40)
CO <sub>2</sub> mukdary % köp däl sönmedik tokga hekde	3	5	7	5	8	11
Sönmeýän däneleriň mukdary, % köp däl	7	11	14	10	15	20

Sönmedik hekiň  $p=3,1-3,3 \text{ g/sm}^3$  we ol ýakylyşynyň temperaturasyna goşundylara aýa ýakylyşyna bagly. Gidrat hekiň dykzlygy onuň kristallaşma derejesine bagly, we kalsiý gidroksidi üçin geogonallastinka görnüşinde  $2,08 \text{ g/sm}^3$ .

Göwrüm massasy

Tokga hekiň göwrüm massasy ýakylanda temperatura bagly we  $1,6$ -dan  $29 \text{ g/sm}^3$  deň. Üwelen sönmedik hekiň dykzlanan ýagdaýda göwrüm massasy  $1100-1300 \text{ kg/m}^3$  deň. Gidrat heki üçin  $600-700 \text{ kg/m}^3$ . hek hamyrynyňky  $1300-1400 \text{ kg/m}^3$

Plastikligi.

Hekiň plastikligi onuň ýokary suw saklaýjylyk ukyby bilen baglanyşykly. Hek näçe aktiw bolsa we doly sönse şonça-da  $1 \text{ kg}$ . tokga hekden hek hamyrynyň çykyşy ýokary bolýar we plastikligi hem şonça ýokary.

Berkeme wagtyň tizligi.

Sönen hek erginleri örän haýal berkeýärler.  $7,07 \times 7,07 \times 7,07 \text{ sm}$ . ölçegli bolan nusgalary formada  $5-7$  gije-gündiz saklamaly

bolýar. Üwelen sönen hekiň erginlerini garylardan soň 15-60 minutdan soň tutluşýarlar.

Berkligi.

Gurluşyk howa hekiniň erginleriniň berkligi onuň gataşsynyň şertlerine bagly. Sönen hekiň erginleri adaty temperaturada (10-20<sup>0</sup>) haýal gatylaşýar we 1 aýdan soň uly bolmadyk berkligi ýüze çykarýarlar (0,5-1,5 MPa)

#### 4.8. Gidrawliki gurluşyk heki

Gidrawliki hek diýilip düzüminde 6-25% toýunsow we ownuk dispers çäge goşundylaryny saklaýan mergelli hek daşlarynyň ýakylmagy bilen alynýar. DST laýyklykda gidrawliki hek ownuk üwelen poroşok görnüşde çykarylýar. Elekden geçirilende N02, N008 eleklerdäki bölejikleriň galyndysy 1 we 15%-den ýokary geçmeli däl. Gidrawliki heki hemişe gidrawliki ýa-da esasy modul bilen häsiýetlendirýärler.

$$EM = \frac{CaO\%}{(SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3)}$$

Gidrawliki hek üçin esasy modul EM=1,7-9 deň.

Şol modula laýyklykda güýçli gidrawliki we gowşak hek tapawutlandyrylýar. Güýçli hek:1,7-4,5; gowşak : 4,5-9. Gidrawliki modul 1,7-den pes bolanda romansement alynýar. Eger 9-dan ýokary bolsa onda howa heki alynýar. Gidrawliki hek öňünden howany gatadylandan soň suwda we çyg sreda-da gatadylýar. Gidrawliki hekiň önümçiligi şu tapgyrlardan ybarat: Mergelli hek daşyny gazyp almak we taýýarlamak, ony ýakmak we üwemek. Mergelli hek daşyny gazyp almak, owratmak howa hekiniň önümçiligindäki ýaly geçirilýär. Mergelli hek daşynyň onuň düzümine we strukturasyna baglylykda 900-1100<sup>0</sup>-da ýakylmagy netijesinde alynýan önüm şulardan ybarat: erkin Ca okisi dargamadyk kömürturşy ca şeýle hem β iki kalsili silikat. Eger-de çig malda kömürturşy

magniý bar bolsa şu birleşmelerden başga-da  $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$  we erkin Mg okisi emele gelýär.

Gidrawliki heki guradýarlar we üweýjide üweýärler.

Üwelende N008 elekde

galýan galyndy 5-7%-den köp bolamly däl.

#### 4.9. Hidrawliki hekiň häsiýetleri

Dykyzlygy  $2,6-3 \text{ g/sm}^3$ . Dykyz bolmadyk sepelenen ýagdaýda göwrüm massasy  $700-800 \text{ kg/m}^3$  dykyzlanan ýagdaýda  $1000-1100 \text{ kg/m}^3$ .

Gidrawliki hek haýal tutluşýan berkidiji madda. Onuň düzümindäki erkin Ca okisine baglylykda tutluşmanyň başlangyjy 30 minutdan 2 sagada çenli, soňy bolsa 8-16 sagat.

Göwrüminiň deňagramlylygynyň üýtgemegi.

Ol gidrawliki hekde iri üwelen erkin  $\text{CaO}$ -ň we  $\text{MgO}$ -ň böleklerine bagly.

Güýçli we gowşak gidrawliki hekiň himiki düzümine bolan talaplar.

Gidrawliki hek gatadylanda göwürümlü deüagramly üýtgeýşini bilmek üçin hamyrdan taýýarlanan çörejikler görnüşde nyýusgalar taýýarlanyp synag geçirilýär. Eger-de nusgalar önünden howa çyg şertlerde 7 gije-gündiz gatadylandan soň, ondan soň bolsa 10 gije-gündiz suwda gatadylandan soň jaýrylmalar ýüze çykmasa synagdan geçdi diýip hasap edilýär.

(tabl.14.)

Görkezijiler	Gowşak gidrawliki hek	Güýçli gidrawliki hek
Aktiw $\text{CaO} + \text{MgO}$ gury madda bolan düzümi %		
Az bolmadyk	40	5
Köp bolmadyk	65	40
Aktiw $\text{MgO}$ , köp bolmadyk	6	6
$\text{CO}_2$ düzümi %-de		
köp bolmaly däl	6	5



Berkeme.

Dogry saýlanylyp alnan düzgünde gidrawliki hekiň esasynda taýýarlananda gurluşyk erginleriň we betonlaryň berkligi howa hekiniňkiden has ýokary bolýar.

Gidrawliki hekden 28 gije-gündiz gatadylandan soň gysylandaky berkligi 1,5-2,5 Mpa we ondan hem ýokary bolan erginleri taýýarlamak bolýar. Hekiň düzüminde erkin Ca we Mg okisi az boldygyça onuň berkligi şonça-da ýokarydyr. DST laýyklykda 9179-77 1,3 gatnaşykda bolan erginden 7,07x7,07x7,07 sm kub nusgalar taýýarlanylýar.

Ulanylyşy.

Gidrawliki hek howa heki ýaly gurluşykda ulanylýar. Ýöne howa hekinden tapawutlylykda gury we çyg sredalarda ulanmaga ýaramly erginler alyp bolýar. Olaryň esasynda hek-slakly, hek-pussolonly we beýleki görnüşleri alynýar.

## **5. Önümçiligiň ekologiki meseleleri. Howanyň, suwuň, topragyň hapalanmagyň önüni almak**

Daşky gurşaw diýlende ähli janly-jansyz zatlar hakydamyza gelmelidir. Daşymyzy gurşap alan tebigat özara deňagramlylyk we sazlaşyk içindedir. Tebigat sazlaşygynyň emele gelmeginde ýene tebigat şertleriniň täsiri bardyr. Tebigat şertleriniň ýüze çykýan daşky gurşawda fiziki, himiki, biologiki we fiziologiki reaksiýalaryň netijesinde tebigat hadysalary emele gelýär. Haýsy hem bolsa bir sebäp bilen daşky gurşawyň şertleri üýtgän ýagdaýynda tebigatyň gurnalan deňagramlylygy bozulýar we tebigatyň gurnalan deňagramlylygyna göreýän tebigat hadysalary adaty ýagdaýdan çykýar.

Önüm öndürilýärkä we hyzmat edilýärkä taslamasyndan başlap, sarp ediş we eger mümkinçiligi bar bolsa gaýtadan işlemek tapgyrlarynda (çig materialyň işlenip taýýarlanmagy, öndürmek, maşyn enjam idegi, gaplamak, ulanyş, satuwdan

soňky hyzmat we ş. m. Tebigat gurşawynyň sazlaşygy bozulmaz ýaly çäreler görülmelidir. Bu çäreleri geçirmek kyn ýaly bolsa hem, belli bir maýa goýumlary we çekilen zähmetler netijesinde amala aşyrmak mümkindir.

Tozan tutýan desgalar.

Tozan ýygnaýjy diýlip atlandyrylýan tozan tutýan enjamlary hem önümçilik ýitgisiniň önüni almaklyk hem-de daşky sredanyň goralmagy babatda şeýle hem sement öndürme prosesi bilen baglanyşyklyda ulanylmagy hökmany bolan desgalarydyr.

Sement öndürme prosesinde emele gelen tozan bölejikleriniň ölçegi 0-200 mikron arasyndadyr. Bu tozan bölejikleriniň tutulma çykdaýjysy sement çykdaýjysynyň takmynan 5%-e deňdir. Sement zawodlarynda emele gelýän tozan görnüşleri:

- Çig mal we onuň tozanlary
- Klinker-un tozanlary
- Sementiň tozanlary
- Gaty ýangyç tozanlary (ýangyç hökmünde gaty ýangyç ulanylýan bolsa).

Kömür ulanylýan aýlanýan peçlerde kömür külkesiniň 60-65%-i klinkere siňer, galan bölegi bolsa tüsseçykardan çykýan gaza garyşar. Käbir tozan tutma desgalary:

Tozan kameralary.

Iň ýönekeý tozan tutujylar bolup, umuman olaryň öndürijiligi 30-70% aralygyndadyr. 80 mikron ölçeg ululykly tozan bölejiklerini tutmaga ukyply bolan tozan kameralarynyň basyş ýitgisi 5-25 mm arasynda üýtgeýär. Kameranyň içindäki plastinka urulmaklygyň netijesinde gazyň tizligi 0,5 m/sek-da peselmegi üpjün edýär.

Siklonlar.

Sement öndürmek prosesinde iň köp ulanylýan enjamlardyr. Siklonlardaky gazyň girýän turbalaryň diametri, siklonyň içine salynýan turbanyň diametri we boýy, siklonyň korpusynyň boýy we diametri, konus şekilli bölüminiň boýy

we siklonyň aşaky turbasynyň diametri biri-birine gatnaşykly dizaýn edilmelidir. Şol bir siklona onuň kadaly sygymyny aşýan mukdarda tozan saklaýan gaz berilende tozanyň tutulma derejesi (siklonyň öndüriligi) peseler.

Siklonyň tozan tutma düzgüni: tozanly gaz, spiral şekilli traýektoriyada dürli turbulent (tüweleý görnüşli) hereketleri bilen aşak düşer. Bu hereket pursatynda gazyň içindäki tozan bölejikleri, birden göwrümiň ulalmagy, merkezden daşlaşma güýji we ýeriň dartýş güýjüniň täsiri bilen siklonyň aşagynda ýygnanar.

Siklonlar silindriki diametrlerine görä synplandyrylýar we bu diametr kiçeldikçe tozan tutma öndüriligi ýokarlanar.

Uly siklonlar 20 mikron ölçeg ululygyna çenli bolan tozan bölejiklerini tutmaga, kiçi siklonlar bolsa 5 mikron ölçeg ululygyna çenli bolan tozan bölejiklerini tutmaga ukyplydyr.

Multisiklonlar.

150-300 mm diametrli kiçi siklonlardan ybarat bolan bir siklonlar toparydyr. 15-20 mikron ölçegli tozan bölejiklerini tutma öndüriligi 85-95%-dir. Basyş ýitgileri 130-180 mm bolan multisiklonlar köplenç klinker sowadyjysyndan çykýan tozanlary tutmak üçin ulanylýar. Tozan tutma öndüriligiň gaty pes bolmagy we tozan görnüşli klinkeriň iýji bolmagy sebäpli şeýle hem ideg çykdaýjylarynyň we umumy çykdaýjylaryň ýokary bolmagy sebäpli, soňky döwürlerde olaryň ýerine elektrofiltr ýa-da torbaly filtrlar ulanylyp başlandy.

Torbaly filtrlar.

Torbaly filtrlar 0,1-1000 mikron ölçegleri arasyndaky tozan bölejikleri ýokary öndürililikde tutýan we sement öndürme prosesinde ýaýbaň ulanylýan tozan tutma desgalarydyr. Adyndan hem gelip çykyşy ýaly filtr hökmünde mata ýa-da sintetik esasly torbalar ulanylýar. Häzirki wagtda 150<sup>0</sup> C gyzygynlyga çydaýan torbalar öndürilýär. Torbaly filtrdäki basyş ýitgisi 150 mm töweregindedir. Torbalaryň üstünde ýyganan tozan bölejikleri ýa-da mehaniki urgý

esasynda (köne sistemalar) ýa-da basyşly howa urgy (täze sistemalar) täsiri bilen gaçyrylyp tozan bunkerinde üşürilýär. Torbaly filtrlerde üns berilmeli iň möhüm zat, korpusdan ýa-da filtriň haýsy hem bolsa bir ýerinden gazyň girmezligidir.

Iň soňky kämilleşdirilen “PULS JET” torbaly filtrlr, umuman tozanly (hapa) howa bilen arassa howa bölümlerine aýrylýan, ters howa üflemeçlik usulynda arassalama sistemadan we tutulýan tozany gerekli ýere äkidýän mehanizmlerden ybaratdyr. Beýleki bölümiň basyş tapawudyna görä işledilýär. Basyş tapawudyna seredilip, filtr torbalarynyň dykylýp dykylmandygyny, iki bölümiň arasynda howa geçişiniň bardygyny ýa-da ýokdygyny bilmek bolýar we şoňa görä gerekli çäräni geçirmek bolýar.

Bu filtrlr awtomatiki usulda işläp, membranaly klapan, selenoid klapan, basyş kontrol aparaty we timer ýaly mehaniki we elektriki abzallar bilen abzallaşdyrylandyr.

Suw başňalary.

Gyzgyn gazlary sowatmak maksatly dizaýn edilen desgalar bolup, köplenç elektrofiltriň öndürilijisini ýokarlandyrmak üçin olaryň önünden oturdylýar. Suw başňalarynda gyzgyn gaz pürkülýän suwuň kömegi bilen sowadylýan wagty, bu suwlar tozan bölejikleriniň bir bölegini aşaklygyna tarap alyp gaýdyp başňanyň düýbünde ýygnaýar. Suw başňalary 5 mikron ölçeg ululygyna çenli bolan tozan bölejiklerini tutmaga ukyplydyr. Suw başňalary köplenç ondan çykýan gazyň temperaturasy 150<sup>0</sup>C bolar ýaly edilip dizaýn edilýär. Gyzgyn tozanly gaz bilen pürkülýän suw şol bir ugurda hereket edýärler.

Sement zawodlarynyň tüsse çykarlaryndan çykýan ýokary gyzgynlykdaky gazlary çalşyýjy enjamlarda geçirip gyzgyn suw almak mümkindir. Alnan gyzgyn suwy ýylanmaklyk we arassaçylyk üçin peýdalanmak bolar, şeýdip tebigy çeşmelerden alynýan materiallaryň sarp edilişini azaldyp çykdaýjylary azaltmak bolar. Bu bolsa ýurduň ykdysady kuwwatynyň artmagyna özboluşly goşant bolar. Sement

zawodlarynda howply zyňyndylary gözegçilik düzgünine görä howply zyňyndylar sanawynda sanalan haýsy hem bolsa bir gaty zyňyndy öndürilmeýär.

Zawod kommunal hojalykdan çykan gaty zyňyndylary düýbi toýun bolan çukurlara gömmeli ýa-da görkezilen usulda ýakyp ýok etmelidir. Sement önümçiliginde goşmaça maddalar (pussolaniki materiallar, uçýan küller, trass, pemza, demir-polat galyndysy bolan şlak we ş.m.) ulanylyp standarta laýyk gelýän sement görnüşleri öndürilmeli. Bu bolsa klinker sarp edişini azaldýanlygy sebäpli hem tebigy çeşmeleriň ulanylyşy hem-de tebigata edilýän zyýanly täsirler azalar. Şeýle hem önümiň çykdaýjysyny peseldip netijede ýurduň ykdysady kuwwatynyň artmagyna özboluşly goşant goşar. Zawodyň ussahanalaryndan we enjamlaryndan çykýan ulanylýan zyňyndy mineral ýaglar, daş töwerege zyňylmaly däl-de ýörite kaylýan ýerde ýakylýp ýok edilmelidir.

Haýsy hem bolsa bir sebäp bilen ýyrtylan we derde ýaramaýan kraft kagyzlary, ofislerdäki, kabinetlerdäki zibil bedrelerde ýygnalan kagyzlary, wagty dolan derde ýaramaýan arhiw resminama kagyzlary, zawodyň içinde bellenen bir ýere üýşürilenden soň olary gaýtadan işlemek üçin kagyz zawodlaryna ugradylmalydyr. Şeýle hem ofislerde kagzyň sarp edişini iň az derejä ýetirmek üçin ähli çäreler görülmelidir. Bu bolsa agaçlaryň kesilmegini azaltmak diýmekdir. Zawotda önümçilik dowam edýän wagty dürli ýerlerden tüsseçykarlardan dökülýän ýerlerden, çykýan tozanlar dürli tozan tutujy sistemalar arkaly tutulmalydyr. Tozany filtrden geçirmeklik arkaly hem atmosfera giden tozany azaltmaly hem-de tutulan tozanlaryň zawoda önüm hökmünde gaýdyp gelmegini gazanmaly.

Zawodyň aýlanýan peçlerinde, ýanmaklyk prosesini gözegçilik astyna almak üçin şol aýlanýan peçleriň çykalgasynda kislorod ( $O_2$ ), ugar gazy ( $CO$ ) we azot oksidi ( $NO_2$ ) bahalaryny yzygiderli ölçäp durmaly. Bu usul arkaly, sement öndürmek çykdaýjysynda möhüm oruny eýeleýän

ýangyjyň sarp edilişinde optimal şertler döredilmelidir. Kämil tehnologiýa we täzelikler önümçilige ornaşdyrylmaly. Şeýle hem iň az energiýa sarp edýän prosesleriň gözleginde bolmaly, olary önümçilige ornaşdyrmaklygy ýola goýmaly.

## EDEBIÝAT

1. Türkmenistanyň Konstitusíýasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň 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 ruhubelentligiň 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, etrapdaky 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» gazetiniň, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. Ýowjanow Н. "Инженер химии" 2003ý.
11. Альберт Л.З.- Основы проектирования химических установок Москва., 1970г.
12. Бобкова Н.М. , Дятлова Е.М., „Общая технология силикатов», Минск, Высшая школа, 1987.

13. Бутт Ю. М., Сычев М.М., Тимашев В.В. «Химическая технология вяжущих материалов», М., Высшая школа, 1988.
14. Буров Ю.С. Технология строительных материалов и изделий. Издательство Высшая школа М. 1972г.
15. Вихтер А. И. Производство гипса Профтехиздат, 1961.
16. Пашенко А.А., «Общая технология силикатов», Киев, Высшая школа, 1983.
17. Л.Г. Мельниченко и др. «Технология силикатов», Москва, Высшая школа, 1969.
18. Левченко П.В. «Расчеты печей и сушил силикатной промышленности», Москва, Высшая школа 1968.
19. В. Н. Лямин Строительные машины. М., Высшая школа, 1979 г.
20. Окунев М.М. и др. Автоматизация заводов по производству нерудных строительных материалов. Стройиздат. 1967г.
21. Справочник по производству цемента. Под ред. Холина И.И. Гостроиздат. 1963г.
22. Крашенников М.Н. и др. Проектирование цементных и асбестоцементных заводов. Стройиздат. 1966.



## Mazmuny

	Giriş.....	7
1	Berkidiji maddalaryň gelip çykyşy.....	11
1.1	Berkidiji maddalaryň klaslary.....	12
1.2	Portlandsement.....	13
1.3	Portlandsementiň çig materiallary. Hek daşy we hek daşly önümler.....	15
1.4	Toýun we toýunly önümler.....	16
1.5	Kremniý oksidi we kremniý oksidli önümler.....	18
1.6	Demir oksidi we demir oksidli önümler.....	19
1.7	Ýangyçlar we ýangyç önümleri.....	20
1.8	Gips.....	22
1.9	Goşmaça maddalar.....	23
1.9.1	Öýjükli maddalarda fiziki häsiýetler.....	27
1.9.2	Tebigy mineral goşmaça maddalar.....	28
1.9.3	Pussolan goşundyly sementler we betonlaryň umumy häsiýetleri.....	31
1.10	Portlandsementiň himiki düzümi.....	33
1.10.1.	Portlandsementiň esasy minerallary.....	35
1.10.2.	Portlandsement minerallarynyň häsiýetleri	36
1.10.3.	Ikinji derejeli agzalar.....	41
1.11	Klinkerleşmek tapgyry.....	47
1.11.1	Kalsinasiýa bölüminiň reaksiýalary.....	48
1.11.2	Sinter bölüminiň reaksiýalary.....	49
1.11.3	Sement klinkeriniň önümçilik hiline täsir edýän faktorlar.....	50
1.11.4	Farini emele getirýän çig mallaryň içki gurluşy.....	51
1.11.5	Ettringitiň emele gelmegi.....	54
1.11.6	Sementiň ýalandan doňmaklygy.....	54
1.11.7	Sementiň howa arkaly doňmaklygy.....	55
1.12	Klinkeriň mineralogik düzümi.....	56
1.13	Sement modullary.....	59

1.14.	Portlansementiň önümçiligi.....	61
1.14.1	Portlandsementiň alnyşynyň tehnologiýasy.....	63
1.14.2	Portlandsement almagyň öl usuly	64
1.14.3	Aýlanma peçde klinker bişirilende bolup geçýän prosesler.....	65
1.14.4	Aýlanma pejiň režimi.....	68
1.14.5	Suwuk (likit) faza.....	69
1.14.6	Sowadyлма tizligi.....	70
1.14.7	Portlandsement önümçiliginiň gury usulyň tehnologiýa çyzygy.....	70
1.14.8	Ýylylyk çalşyýjy siklonly aýlanma peçi.....	75
1.14.9	Içki ýylylykçalşyýjy siklonlar.....	76
1.14.10	Owradyjylar.....	78
1.14.11	Şarly turba degirmenler	80
1.14.12	Başlangyç gyzydyryjy. Başlangyç kalsinasiýa sistemasy.....	82
1.15	Portlandsement hamyrynyň gatamasy.....	84
1.15.1	Aktiv mineral goşundynyň roly.....	88
1.15.2	Sement daşyň gurluşy.....	89
1.16	Portlandsementiň esasy häsiýetleri.....	90
1.16.1	Sementiň we betonyň himiki we fiziki agressiw faktorlaryň täsirine durnuklylygy	93
1.16.2	Portlandsement ergininiň we betonyň suwadurumsyzlyga ýetmezçiliginiň sebäpleri .....	94
1.16.3	Duzly suwlaryň ýumurmagy.....	94
1.16.4	Turşy suwlaryň ýumurmagy.....	97
1.16.5	Kömürturşy suwlaryň ýumrulma täsiri.....	97
1.16.6	Korroziýa garşy göreş.....	98
1.17	Sementiň görnüşleri. Tiz gataýan portlandsement.....	99
1.17.1	Sulfatadurnukly portlandsement.....	101
1.17.2	Ak portlandsement.....	102
1.17.3	Azbest .....	102

1.17.4	Azbestsement.....	103
1.18	Glinozýomly sement.....	105
1.18.1	Glinozýomly sementiň önümçiligi üçin çig mal serişdeleri.....	107
1.18.2	Glinozýomly sementiň önümçiligide çig malyň hasaplamasy.....	108
1.18.3	Glinozýomly sementi öndürmegiň usullary.....	109
1.18.4	Çig mal garyndylary tutluşdyrylanda we eredilende bolup geçýän prosesler.....	111
1.18.5	Eretme usuly bilen alnan klinkeriň mikrogurlyşy.....	112
1.18.6	Glinozýomly klinkeriň üwelişi.....	113
1.18.7	Glinozýomly sementiň gidratasiýasy we gatamagy.....	113
1.18.8	Glinozýomly sementiň gurluşyk- tehnologiki häsiýeti.....	114
1.18.9	Glinozýomly sementiň ulanylyşy.....	116
1.19	Pussolon sementi. ....	116
1.19.1	Pussolanly portlandsement.....	119
1.20	Şlakly sement.....	120
1.21	Giňelme ukyply sement.....	123
2	Romansement.....	128
3	Gips berkidiji maddalar.....	129
3.1	Gurluşyk gipsiniň önümçiligi.....	132
3.2	Gips gaýnadyjy kotýol.....	134
3.3	Gipsiň kotýolda ýakylyşy.....	136
3.4	Gurluşyk we ýokary berklikli gipsiň häsiýetleri.....	136
3.5	Formalaýjy gips.....	139
3.6	Angidrid berkidijiler. Angidrid sement.....	139
3.7	Ýokary berkidiji gips (estrih –gips). Ýokary temperaturada ýakylan gips.....	141
3.8	Ýasaýjy angidrit sementi.....	141
3.9	Magnezial berkidiji maddalar. Kaustik	

	magnezit.....	142
3.10	Kaustik dolomit.....	142
4	Gurluşyk howa heki.....	143
4.1	Ulanylýa çig mallar.....	145
4.2	Sönmedik (tokgalanan) hek.....	147
4.3	Howa hekiniň tehnologiýasy.....	149
4.4	Hek ýakylýan peçler.....	150
4.5	Gaýnaýan gatlakda hek daşynyň ýakylyşy	151
4.6	Gidrat heki we hek hamyry.....	153
4.7	Howa hekiniň häsiýetleri.....	153
4.8	Gidrawlik gurrluşyk heki.....	155
4.9	Gidrawlik hekiň häsiýetleri	156
5	Önümçiligiň ekologiki meseleleri.	
	Howanyň, suwuň, topragyň	
	hapalanmagyň önüni almak.....	157
	Edebiýat.....	163
	Mazmuny.....	165