

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

A.M.Meredowa

SEMENTIŇ TEHNOLOGIÝASY

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw
kitaby

Aşgabat – 2010

A.M.Meredowa, Sementiň
tehnologiýasy.

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

Sözbaşy

Bu kitap Türkmen politehniki institutynyň „Eremesi kyn metal däl we silikat materiallarynyň himiki tehnologiýasy hünäriniň“ mugallymy tarapyndan taýýarlanan.

Kitap esasan „Eremesi kyn metal däl we silikat materiallarynyň himiki tehnologiýasy“ hünärlerine „Sementiň tehnologiýasy“ kursyny öwrenmek we şol ders boýunça kurs taslamalaryny, işlerini hem-de diplom taslamalaryny ýerine ýetirmekde peýdalanmak üçin niýetlenen. Munuň bilen baglanyşyklylykda bu kursda „Silikat materiallarynyň umumy tehnologiýasy“, „Silikat materiallary senagatynyň maşynlary we enjamlary“, Silikat materiallary senagatyndaky guradyjylar we peçler“ distiplinalaryny öwrenmek zerurdyr, ýöne bu kitaba şol kurslarda getirilýän maglumatlar giňişleýin girizilmedi.

Kitap tipiki maksatnama boýunça ýazyldy we munda çig mal barada, ulanylýan enjamlar, peçler baradaky maglumatlar berilendir. Bu ýörite niýetlenen kurs ýokary okuw mekdepleriniň bu hünär boýunça okaýan talyplarynyň şeýle-de bu ugurdaky mugallymlaryň işini belli bir derejede ýeňilleşdirer diýip pikir edýäris.

Giriş

Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň ylym we bilim syýasatyny durmuşa geçirmekde we ýaş nesli ýokary bilimli, hünärli adamlar edip ýetişdirmekde ýokary okuw mekdepleriniň önünde uly wezipeler durýar.

Hormatly Prezidentimiziň bu ynamy diňe bir sözde däl-de, iş ýüzinde hem amal edilýär. Geçen gysga döwrüň içinde paýtagtymyza edara binalarynyň, ähli amatlyklary bolan döwrebap ýaşaýyş jaýlarynyň, önümçilik maksatly senagat kärhanalarynyň, ýokary okuw mekdepleriniň täze binalarynyň, mekdepleriň, seýilgähleriň, medeni maksatly desgalaryň birnäçesi guruldy we şeýle binalar gurulýar.

Gurluşygyň güýçli depginde, giň gerimde alnyp barylmagy, hem-de şol gurluşyklaryň özüne düşýän gymmatyny aşaklatmak üçin gurluşyk materiallaryny öndürýän edara-kärhanalarynyň gerimini giňeltmeklik möhüm ähmiýetli meseledir. Bu meseleleri çözmek we dürli gurluşyk materiallaryny öndürýän senagaty ýola goýmak üçin, zerur bolan çig mal ýataklary Türkmenistanda örän köpdür. Sement önümçiligi üçin çig mala baý diýarymyzda önümiň öndürilişinde hiç bir bökdençlik ýokdyr. Sebäbi ýurdymyza sement önümçiligi üçin zerur bolan çig malyň 96 göterimi bardyr.

Garaşsyz, baky Bitarap Watanymyz häzirki wagtda Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň parasatly syýasaty we ýadawsyz tagallalary netijesinde ylym-bilim ulgamynda we beýleki ähli ugurlarda täze galkynyş döw-rüni başdan geçirýär. Hormatly Prezidentimiziň Watanyň gülläp ösmeginiň hatyrasyna jan aýaman zähmet çekmäge, ýurduň maddy baýlyklaryny halkyň eşretine gulluk etdirmäge gönükdirilen parasatly we öňdengörüjilikli syýasaty netijesinde halk hojalygynyň ähli pudaklarynda ägirt uly üstünlikler gazanylýar. Bu babatda ýurdumyzyň ýerasty we ýerüsti tebigy

mineral baýlyklarynyň rejeli we netijeli peýdalanylyşynyň ösüşini görkezmek bolar. Sebäbi ýurdumyz mineral baýlyklaryň görnüşleri we gorlary boýunça dünýäde öňdäki orunlary eýeleýär. Çig malyň senagat taýdan özleşdirilmegi, onuň gorlary bilen kesgitlenmän, ylmy esasyda öwrenilmegi hem-de özleşdirilmegi bilen kesgitlenýär. Şonuň üçin-de bu gorlaryň fiziki, fiziki-tehniki hem-de himiki häsiýetlerini öwrenmek arkaly özleşdirilmegi derwaýys meseledir. Şeýle hazynanyň ylmy nukdaýnazardan hem-de mukdar taýdan özleşdirilmeginiň esasynda bu gorlaryň ýerleşýän ýeriniň golaýynda önümçilik kärhanalaryny gurmagyň özi türkmen ykdysadyýetiniň ösmegine goşant bolar. Ýene-de belläp geçmeli zatlaryň biri-de bu gorlaryň özleşdirilmegi bilen taýýar önümiň özleşdirilmeginiň özi ugurdaş pudaklarda hem täze önümçiligi döretmäge mümkinçilik berer.

Täze gurluşyk binalarynyň gurulmagy we hereket edýän kärhanalaryň durkunyň täzelenmegi sementiň öndürilişiniň 2020-nji ýyla çenli 4 million tonna ýetirilmegini talap edýär. Ine şu günki gün gurluşyk materiallary senagatynyň önünde durýan wezipeler Beýik Saparmyrat Türkmenbaşynyň ýadawsyz tagallalary netijesinde eýýämden üstünlikli amala aşyrylyp başlandy. Munuň aýdyň mysaly hökmünde häzirki zaman dünýä derejesiniň gazananlarynyň esasynda gurlan, ýap-ýaňy möhletinden öň Baharly etrabyň Kelete diýen ýerinde işe girizilen sement zawodyny görkezmek bolar. Zawod tutuş Merkezi Aziýa sebitinde has iri we döwrebap kärhanalaryň biridir. Ýokary markaly sement öndürýän Keletäniň sement zawodynyň öndürijiligi ýylda 1 million tonna barabardyr. Bu zawod ýokary berkligi üpjün edýän 400, 500, 600 markaly sement öndürýär. Şonuň bilen bir hatarda ýerasty we gidrotehniki desgalaryň düýbi tutulanda dürli şertlere çydamly bolan sulfatadurnukly sement hem öndüriler. Beýik Serdarymyzyň tabşyrygy boýunça täze açylan sement zawodynyň ýanynda ýakyn üç ýylda ýene-de

kuwwatlylygy 1 million tonna bolan täze zawod gurlar we öňki köne zawodyň durky täzelener we onuň kuwwatlylygy 500 müň tonna ýetiriler. Şu günki günde sement iň möhüm bir gurluşyk materialy bolup durýar.

1. Berkidiji materiallaryň önümçiliginiň ösüş taryhy

1.1. Berkidiji maddalaryň klassifikasiýasy

Adamlaryň ilkinji ulanan berkidiji materiallarynyň biri ýakylamadyk toýundyr. Bu material häzirki wagtda hem ýokary berkligi talap etmeýän, ýönekeý gurluşlarda ulanylýar. Toýunyň guradylanda kiçelmegi netijesinde jaýryklar emele gelipdir. Onuň önüni almak üçin toýuna çäge goşupdyrlar.

Ondan soňra ýagny biziň eramyzdan takmynan 3000 ýyl öň berkligi boýunça has çydamly, emeli ýakmak ýoly bilen alynýan berkidiji maddalary alyp başlapdyrlar.

Ýegiptliler piramidalary we beýleki binalaryň gurluşygynda toýunly gips ulanypdyrlar we gipsiň hem-de hekiň garyndylaryndan erginler taýýarlapdyrlar. Käbir piramidalarda hekli erginleri ulanypdyrlar. Soňraklar suwa durumly ýokary berklikli berkidiji howa heki, böleklenen kerpiçli ýa-da pussolan garylan berkidiji maddalar 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. Romansementiň yzysüre portlandsement ýüze çykarylýar. XVIII Asyryň başlarynda Russiýada ilkinji gezek berkidiji materiallaryň tehnologiýasy barada kitap ýazylypdyr. XVIII asyryň ikinji ýarymynda emeli garyndylardan we mergelden berkidiji maddalaryň alynýş we taýýarlanylş usullary işlenip düzülipdir. XVIII Asyryň aýaklarynda Angliýanyň Portland obasynyň golaýlarynda, ýeriň gabygynda suw bilen garylanda gatylaşýan bir material tapylýar. Soňra bu materiala şol obanyň hormatyna "Portland Sementi" diýen at berlipdir.

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

1.2. Gips berkidiji maddalar we çig mallar

Howa berkidiji maddalar:

1. Gips berkidiji maddalar: gurluşyk gipsi (ýönekeý we berk) angidritli sement, estrih gips we gips berkidijileriň ýörite görnüşleri.

2. Magnezial berkidiji maddalar: kaustiki magnezit we kaustiki dolomit.

3. Howa heki.

Gips berkidijileri üçin ulanylýan çig mal materiallary: Gips berkidiji materiallaryň önümçiligi üçin tebigy iki suwly gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ we tebigy angidrid CaSO_4 esasy çig mal bolup hyzmat edýär.

Mundan başga-da çig mal hökmünde himiýa senagatynyň dürli galyndylary, ýagny düzüminde iki suwly ýa-da suwsuz kükürt turşy kalsiý saklaýan, meselem fosfogips ulanylýar.

Himiki arassa gipsiň düzüminde-32,56% CaO , 46,51% SO_3 , we 20,93% H_2O . Tebigy gips adatça düzüminde toýunyň, çägäniň, hek daşynyň, organiki maddalaryň we başga goşundylaryň käbir mukdarlaryny hem saklaýar. Gips daşyndaky garyndylaryň köp bolmadyk mukdary gurluşyk gipsiň tehniki häsiýetlerine uly täsir etmeýär. Gurluşyk gipsiň ýakylma temperaturasy 130-190⁰,

300-450⁰ temperatura çäklerinde suwsuz gips alynýar, 450-750⁰ temperaturada eremeýän angidrit alynýar ol suwda haýal hem kyn ereýär ýa-da ol düýbünden tutluşmaýar. Ýakylan gipsiň tutluşma wagty himiki düzümine bagly bolman, önümiň däneleriniň üst ýüzüniň häsiýetlerine hem baglydyr.

200⁰ temperaturadan ýokary galanda dykyzlanma we däneleriň üst ýüzüniň kiçelmegine getirýär, şonuň üçin hem oňa suw haýal täsir edýär. Suwsuz gipsiň temperaturasynyň ýokarlandygyça suwsuz gipsiň häsiýetleri ýene-de üýtgäp başlaýar. 800-1000⁰-da estrih-gips emele gelýär. Önüm ýene-de tutluşma we gatama ukybyna eýe bolýar.

Estrih-gips haýal tutluşmasy bilen häsiýetlendirilýär. 800-1000⁰ temperaturada kükürt turşy kalsiniň bölekleyin dissosiasiýasy başlanýar we ýakylan önümiň düzüminde erkin hek emele gelýär. Temperatura 1000⁰-dan ýokary geçende erkin hekiň mukdary köpeliýär we estrih-gipsiň tutluşmasy ýokarlanýar.

1.3. Çig mallar we önümçilikde gidrawliki berkidiji maddalar

Gidrawliki berkidiji maddalara aşakdakylar degişli:

1. Gidrawliki hek.
2. Roman sement.
3. Portlandsement: alitly, belitly, alýuminatly, braunmillerit, feritly we magnezially.
4. Glinozýomly sement.
5. Pussolan sement: hekli-pussolanly, hekli-glinitly, hekli-külli we pussolan portlandsement.
6. Şlakly sement: hekli-şlakly, şlakly-portlandsement, gipsli-şlakly, şlakly klinkersiz we beýleki şlakly sementiň görnüşleri.
7. Mikrodoldurgyçly sementler: ikikomponentli we köpkomponentli.

Klaslandyrmadan başga-da berkidiji materiallaryň nomenklaturasy düzülýär, onda her bir berkidiji materiallaryň häsiýetleri we almak usullary häsiýetlendirilýär, şeýle-de önümçilik üçin ulanylýan çig mal hem häsiýetlendirilýär.

Şeýle-de önümçilik üçin ullanylýan çig mal hökmünde tebigy materiallar (dag jynslary) we senagatyň beýleki pudaklarynyň galyndylary ulanylýar. Çig malyň bu esasy iki toparý hem birnäçe podgruppalara bölünýär.

Tebigy materiallara aşakdakylar degişlidir:

1. Gips jynslary
2. Hekli-toýunsow-magnezial
3. Ýokaryglinozóomly
4. Kremnezýomly

Gips dag jynslary esasan iki suwly ýa-da suwsyz kömürturşy kalsiden durýar. Gips çig malynyň iki görnüşi bellidir: gips daşy($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) we angidrid (CaSO_4). Olar özbaşdak gips berkidijilerini öndürmek üçin ýa-da beýleki materiallar bilen garylan görnüşinde gips-şlakly sement, şeýle-de portlandsement we kükürt kislotasynyň önümçiliginde ulanylýar. Mundan başga-da gips berkidiji materiallarynyň tutluşyma wagtyny sazlamak üçin we gatamany tizlendirmek üçin goşundy hökmünde ulanylýar.

Hekli-toýunsow-magnezial jynslar esasan kömürturşy kalsiýden, kömürturşy magniýden we toýundan durýar. Bu jynslaryň esasy görnüşleri: hek daşy, mergel, toýun, magnezit we dolomit.

Bu çig mallaryň her bir görnüşi köplenç tebigatda başga jynslaryň garyndysy bilen bilelikde duş gelýär. Mysal üçin: hek daşy köplenç toýunyň we kömürturşy magniýniň garyndylaryny, dolomit bolsa hek daşynyň we toýunyň garyndylaryny saklaýar. Haýsydyr bir garyndyny saklaýan jynsyň adynyň yzyndan şol goşundynyň ady hem goşulýar, ýagny: toýunly magnezialy, hekli ýa-da dolomitly eger iki görnüşli garyndy bar bolsa onda ikisi hem mysal üçin: toýunly-dolomitly.

Hekli-toýunly-magnezial jynslar berkidiji materiallaryň önümçiligi üçin iň giň ýaýran çig malyň görnüşidir. Ol şu jynslardan taýýarlanýar: kaustik magnezit, kaustik dolomit,

howa heki, gidrawliki hek, roman-sement, portlandsement, hekli-glinitli sement. Mundan başga-da beýleki materiallar bilen garylan bu jynslarda glinozýomly we garylan sementler taýýarlanylýar.

Ýokary glinozýomly jynslar (boksitler) esasan alýuminiý oksidiniň gidratlaryndan durýar. Bu jynslar beýleki materiallar bilen garylada glinozýom sement önümçiliginde ulanylýar.

Kremnezýomly jynslar (trepel, diatomit, pussolan, trassalar, kwars çägesi we başgalar) beýleki garyndylar bilen garylyp sementi taýýarlamakda ulanylýar. Senagat galyndylary (şlaklar, siştof, kül we başgalar) garylan sement önümçiliginde ulanylýar. Domna şlagyndan şlakly klinkersiz sement gipsli-şlakly sement we şlakly sementiň beýleki görnüşleri öndürilýär.

Gidrawliki hek önümçiligi üçin çig mal bolup mergelli hek daşlary, ýagny önüme spesifiki (ýörite) häsiýetleri berýän mukdarda toýunsow maddalary saklaýan hek daşlary.

Dürli görnüşli, düzümlü toýunsow goşundylardan başga-da beýleki hekdaşlaryndan kwars dänesi görnüşindäki gumly garyndylar hem saklanyp biler. Beýle çig maldan alnan gidrawliki hekiň tutluşmasy we gatamasy, ýokary düzümlü glinozýom saklaýan hek daşyna garanda haýalrakdyr.

Toýunsow we gumsow garyndylar bilen bir hatarda hek daşy kömürturşy magniý hem saklap biler, ýagny dolomitizirlenen, ol hem gutarnykly önümiň häsiýetlerine täsir edýär.

Hek daşynyň düzümindäki saklanýan garyndylar köplenç gyrađen ýaýran bolmaýar: çig mal baha berilen wagty bu ýagdaý hökman hasaba alynmalydyr. Gidrawliki hekiň hili SiO_2 -niň kwars ýa-da toýunsow galyndylaryň düzümi bölegi bolup durýarmy, şeýle-de berlen bir birleşme, materialyň massasynda gyrađen ýaýrandygyna baglydyr. Kristalliki kwars däneleriniň ölçegleri näçe ulaldygyça gidrawliki hekiň hili

peselýär, sebäbi ýakylanda emele gelyän kalsiý okisi bilen täsirleşýärler.

Gidrawliki hekiň iki görnüşini tapawutlandyrýarlar: gowşak gidrawliki we güýçli gidrawliki.

Gidrawliki hek önümçiligi-çig maly ýakmakdan, ýanma önümünü söndürmekden, sönmedik bölejikleri aýyrmak we ony üwemekden, üwelen däneleri sönen material bilen garmakdan we alnan garyndyny gaplamakdan ybarat. Käbir ýagdaýlarda üwelen bölejikler bilen materialyň sönen bölegi garylman, iki sany aýratyn önüm hökiminde göýberilýär.

Gidrawliki hekiň temperaturasy we ýakma režimi ýakylýan çig malyň düzümine we gurluşyna baglydyr. Toýunsow we magnezial garyndylar näçe köp boldugyça, şonça-da ýakma temperaturasy pes bolup biler. Praktikada gidrawliki hek $900-1100^0$ temperatura çäklerindedir. Çykarylýan önümiň ýakma režimine we gurnalşyna dogry gözegçilik edilmegi önümiň hiline uly täsir edýär. Az yakylmagy ya-da köp yaklmagy gidrawliki hekiň hilini peseldýär. Bişýänçä ýakylan hek sönmeýär diýen ýalydyr, üwelen görnişinde bolsa bu berkidiji göwrüminiň gyradeň üýtgemegine päsgel berýär.

2. Portlandsement önümçiligi

2.1. Portlandsement barada umumy maglumat

Portlandsemente aşakdaky ýaly kesgitleme berilýär: «Portlandsement-gidrawliki berkidiji madda bolup-ol berlen düzümdäki çig mal garyndysyny bişýänçä ýakmak bilen alnan klinkeri ownuk üwemek arkaly alynýan materialdyr».

Klinker owradylan ýagdaýynda sementiň tutluşma wagtyny sazlamak maksady bilen onuň düzümine zerur bolan mukdardaky (adatça 2-3%) gips we nomenklaturada görkezilen gidrawliki goşundylar (taýýar önümiň agramyndan 15% mukdarda) goşulýar. Gidrawliki goşundylaryň ýok bolan halatynda gurluşyk materiallary senagaty ministriliginiň rugsat bermegi bilen üweme prosesinde agramy boýunça 10% mukdarda kwars çägesi ýa-da başga bir inert jyns goşulýar. Şeýle-de sementiň hiline ýaramaz täsir etmejek , ýöne zerur bolan , mysal üçin klinkeri üwemeği ýeňilleşdirýän ýörite goşundylary 1% mukdarda girizýärler.

Şeýlelikde, portlandsementiň esasy komponenti portlandsement klinkeri bolup durýar. Ol taýýar önümiň 83-97%-ni düzýär. Tebigatda kömürturşy kalsiýni we toýunsow maddalary şeýle gatnaşykda saklaýan tebigy çig mal örän seýrek duş gelýär. Köplenç portlandsement klinkeriniň emeli garyndysyny iki ýa-da ondan hem köp materialdan alynýar. Olaryň biri köp mukdarda kömürturşy kalsiý , beýlekisi bolsa toýunsow maddalary köp mukdardasaklaýar. Zawodlaryň aglaba böleginde portlandsement klinkeri-emeli garyndyny ýakmak arkaly taýýarlanýar.

Başlangyç çig mal materiallarynyň häsiýetlerine baglylykda emeli çig mal garyndyny taýýarlamak ol ýa-da gury usulda amala aşyrylýar. Birinji ýagdaýda çig mal materiallary owratmak we garmak belli bir mukdardaky suwuň gatnaşmagynda amala aşyrylýar we munda garyndy şlam diýilip atlandyrylýan suwuk hamyr görnüşli massany emele

getirýär. Ikinji ýagdaýda çig mal materiallar ovrwdylmadan we garylmaздan öň guradylma sezewar bolýar. Netijede alnan garyndy ownuk poroşok görnüşinde bolup, ol çig mal uny diýilip atlandyrylýar.

Portlandsement klinkerini ýakmak üçin iki hili peç hyzmat edýär: dürli sistemaly aýlanýan we şahtaly.

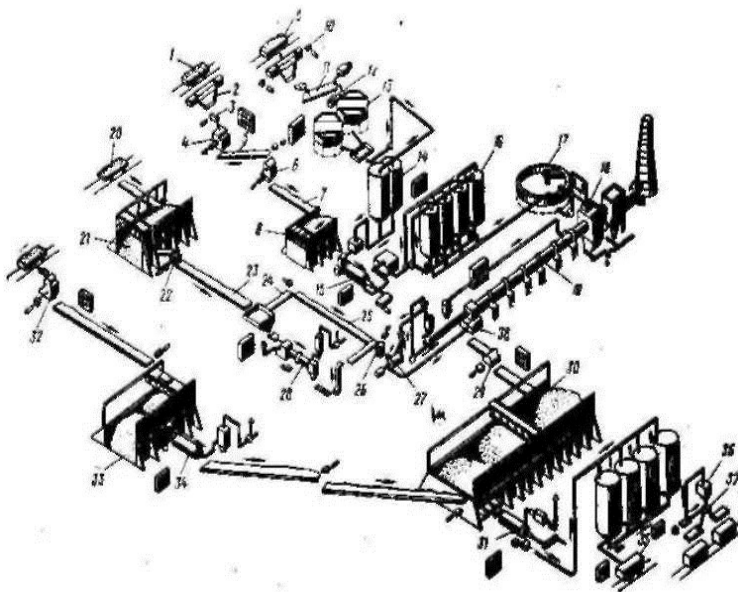
Aýlanýan peçlerde çig mal şihtasyny şlam görnüşinde, şeýle-de çig mal uny görnüşinde hem ýakyp bolýar. Bu bolsa aýlanýan peçde öl we gury usulyň ikisini hem ulanmak bolýandygyna şaýatlyk edýär. Şahta peçinde ýakylanda bolsa çig maly briketirmek gerek bolýar we ol diňe çig mal uny görnüşinde amala aşyrmak mümkindigine şaýatlyk edýär.

Şeýlelikde klinkeri almakda önümçiligiň üç sany esasy shemasy bar:

1. Aýlanýan peçde öl usul
2. Aýlanýan peçde gury usul
3. Şahta peçinde gury usul

Önümçiligiň tehnologi shemalary

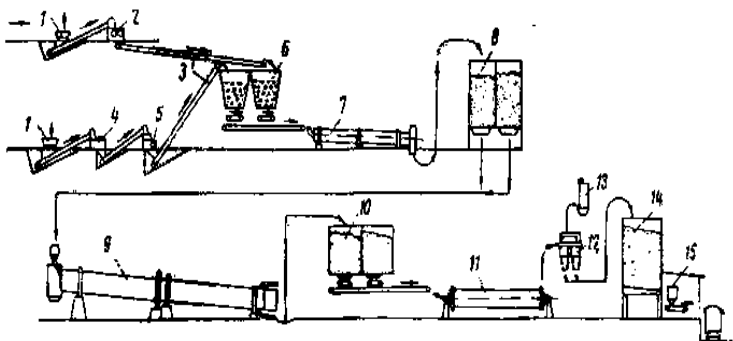
Çig malyň we kabul edilen önümçilik usulyňa baglylykda sement zawodlary öl ýa-da gury usul boýunça işleýärler.



Surat 1. Öl usulda sement önümçiliginiň tehnologi shemasy

1, 9, 20-wagonetkalar, 2, 36-bunkerler, 3, 10, 26-ýmitlendirijiler, 4-ýaňakly owradyjylar, 5, 7, 11, 23, 24, 25-lentaly konweýer, 6-çekiçli owradyjy, 8-hek daş ammary, 12-walikly owradyjy; 13-toýungaryjy; 18-dozalaýjy gurluş; 19-aýlanýan peç; 21-kömür ammary; 22-walikly ýa-da çekiçli owradyjy; 28, 34-guradyjy baraban; 29, 32-gödek owradyňan owradyjy; 30-klinker ammary; 33-goşundylar ammary; 35-ýörite wagonlar; 37-gaplaýjy maşyn; 38-sowadyjy.

Ýokardaky 1-suratda öl usulda sement önümçiliginiň enjamlarynyň komponowkasynyň shemasy görkezilen. Karýerlerden gelýän hek daşy iki ýa-da üç stadiýaly owradylma sezewar edilýär. Adatça hek daşynyň birlenji owradylamasy üçin ýaňakly owradyjylar, ikinji we üçünji stadiýalar üçin bolsa – çekiçli owradyjylar ulanylýar.



Surat 2. Gury usulda sement önümçiliginiň tehnologi shemasy

1-çig maly kabul etmek üçin bunker, 2-toýun üçin walikly owradyjy, 3-transportirleýji gurluşlar, 4-ýaňakly owradyjy, 5-çekikli owradyjy, 6-çig mal üçin bunker, 7-çig mal materiallary birwagtda guratmak we üwemek üçin degirmen, 8-çig mal uny üçin siloslar, 9-aýlanýan peç, 10-klinker ammary, 11-sementi üwemek üçin degirmen, 12-siklonlar, 13-filtrler, 14-sement siloslary, 15-gaplaýjy maşyn.

2.2. Önümçilikde portladsementiň çig mal serişdeleri

Portlandsement önümçiligi üçin dürli görnüşli materiallar ulanylyp biler, olaryň käbirleri klinker emele gelme üçin, beýlekiler bolsa goşmaça goşundy (gips we mineral goşundy) hökminde ulanylyar. Klinker almak üçin çig mal materialy bolup düzüminde kömürturşy kalsiýni köp mukdarda saklaýan karbonat dag jynslary we düzüminde köp mukdarda kremnezýomy, glinozýomy we demiriň oksidini saklaýan dag jynslary hyzmat edýär.

Hekli jyns-portlandsement klinkerini almak üçin çig mal hökminde dürli görnüşli hekli jynslar ulanylyp bilner: mramor, hek daşy, mel, hekli tuf, hekli rakuşçenik, oolitly hek daşy we başgalar. Bulardan tebigatda has giňden ýaýrany hek daşy we meldir. Şonuň üçin hem zawodlarda bular köplenç ulanylyar. Portlandsement önümçiliginde mramor diýseň seýrek

ulanylýar, ol şihpanyň toýunsow bölegi bilen kynlyk bilen reaksiýa reagirleşýärler, sebäbi ol beýleki jynslardan tapawutlylykda inçe üwemi we ýakylanda ýokary temperaturany talap edýär.

Hekli tuf we hekli rakuşçnik tehnologi tarapdan beýleki çig mallar ýagny hek daşy we mel ýaly amatlydyr.

Mel özüniň ýumşaklyk derejesine baglylykda onuň tebigy çyglylygynyň ýokarlanmagy we suw bilen işlenişiniň aňsatlygy sebäpli çig mal şihpany taýýarlananda ol usul ulanylýar: beýleki has dykyz hekli jynslaryň görnüşleri öl şeýle-de gury usul boýunça işlenenilip biler. Hek daşynyň çyglylygy 3-10%, mel 15-25% çäklerinde bolýar.

Hekli jynslaryň hili onuň strukturasyna baglydyr. Amorf gurluşly ýumşak hek ýakylanda toýunuň turşy okisleri bilen aňsatlyk bilen täsileşýärler. Köplenç hekli jynslar düzüminde kalsiýniň kristallaryny saklaýarlar, onuň gatylygy bolsa hekden has gatydyr.

Hekli jynslar köplenç toýunyň garyndylaryny, kremniýli hek daşy, kömürturşy magniý, kükürtturşy kalsiý we ş.m. bilen hapalanan bolýar. Käwagt onuň düzümine kwars çägesiniň belli bir mukdary saklanylyp biler. Toýun garyndysy zyýanly däl, tersine ol has ownuk ovradylanada ol şihpanyň gowy garylmagyny üpjün edýär.

Mergel-tebigy garyndy bolup, ol kömürturşy kalsiý we toýunyň owunjak bölejiginden durýar. Olar ýagny kömürturşy kalsiý we toýunuň mergeldäki gatnaşygy giň çäklerde bolyar: 90% CaCO_3 , 10% toýundan, 20% CaCO_3 , 80% toýun .

Kabir mergeller kömürturşy kalsiý we beýleki birleşmeleriniň düzümi boýunça ol portlandsementiň çig mal şihpanyň düzümine golaýdyr. Beýle mergellere ýakylanda ýörite şihpa taýýarlamazdan bölekler görnüşinde yakylyar. Olar örän seýrek duş gelýär.

Mergeller dürli strukturaly bolyar: olaryň käbiri gatylygy boýunça hek daşyna meňzeşdir, beýlekisi bolsa mela meňzeş.

Köplenç mergelleriň gatlak-gatlak gurluşy bolup, her gatlak dürli himiki düzümlidir. Mergeller portlandsement önümçiligi üçin gowy çig maldyr, sebäbi onuň düzümindäki kömürturşy kalsiy we toyun maddalary tebigy gowy garylandyr. Bu bolsa olaryň işlemesini aňsatlaşdyryp, klinkeremelegelme reaksiýasynyň geçişine amatly şert döredýär.

Toyunsow jynslar. Portlansemendiň çig mal şihtasyny düzmek üçin aşakdaky toyunsow jynslar ulanylyar: toýun, argillit, toyunsow, slanes, we less.

Toýun – diýilip suw bilen garylanda plastiki massasyny emele getiryan, guradylanda gatayan we yakylanda daş görnüşe eye bolyan, ownadylan çökünci dag jynsyna aýdylýar. Toyunsement önümçiliginde zerur bolan özboluşly hasiyetlere eyedir:

1) plastiklik, yagny basyş astynda dürli forma eye bolup, basyş aýrylanda şol formany saklap bilmek ukuby.

2) baglanyşdyryjylyk ukyby, ýagny plastiki dal maddalaryň köp mukdaryny özüne birleşdirmek. Toýunyň bu iki hasiýeti çig mal ununy birikdirmäge mümkinçilik berýär.

Käbir ýerlerdäki toýunyň üstünden basylmagy netijesinde olar degidratirlenýärler we ol has hem dykyzlanyar we gatayar. Şeýle toýunlar argilit adyny göterýärler, olar özüniň gatlak-gatlak görnüşini ýitirýärler. Öz gatlak-gatlak görnüşini ýitirmedik toýunlara bolsa toýunsow slanesler diýilýär.

Portlandsement önümçiliginde toyunsow slanesler toýun bilen deň hatarda ullanylyar.

Less–bu örän ýumşak material bolup ol elde sürtülende tozan görnüşli massa öwrülýär. Ol düzüminde kömürturşy kalsiýniň, kwars tozanynyň, meýdan şpatynyň we beýlekileriniň ownuk dispers bölejiklerini saklaýarlar.

Korrektirleyji goşundylar–esasy çig mal komponentleriniň düzüminiň gabat gelmedik ýagdaýynda oňa korrektirleyji goşundylar goşulýar.

Eger çig mal şihtasyny kremnezýom bilen baýlaşdyrmak zerurlygy yüze çyksa, onda oňa düzüminde köp mukdarda

krenezýom bolan trepel, opoka, kwarsit, kwars çagesi we ş.m goşulyar. Demiriň okisi bilen baýlaşdyrmak gerek bolsa ohristy toýun, demir ogarkisi, kolaşnikli tozan we başglar ulanylýar. Alýuminiý okisiniň saklanylyşyny ýokarlandyrmak üçin glinozýoma baý bolan toýun, ýa-da boksit ulanylýar.

Önümçilik galyndylary-portlandsement almak üçin şeýle-de köp önümçiliginiň galyndylary ulanylýar. Mysal üçin domna şlagy. Köplenç ýagdaýlarda domna şlagynyň düzüminde az mukdarda MnO saklanýar. Şlaklarda 3% töweregi MnO saklansa ol futerowka öz zyýanly täsirini ýetirýär, 5%-den köp bolsa, onda ol klinkeriň hiline otrisatel täsir edýär.

Portlandsement önümçiligi üçin şeýle-de beýleki senagat galyndylary hem ulanylyp bilner. Mysal üçin: hekli şlam – kaustik soda önüminiň galyndysy, kotelni şlagy, ýanýan slanesleriň küli we beýlekiler.

Portlandsementiň düzümi, hasiyeti we ulanylyşy.

Portlandsement-gidrawliki berkidiji materialdyr, ol alynyan klinkerde kalsiy silikatynyň emele gelmegini üpjün edýän çig mal garyndysyny bişyänçä yakylmagy netijesinde alynyan klinkeriň inçe ovradylmagy bilen alynýan önümdir.

Klinker üwelende onuň düzümine goşmaga rugsat edilýär: gips- tutluşma wagtyny sazlamak üçin zerur mukdarda (2-3%) gidrawliki goşundy-taýýar önümiň agramyndan 15%. Şeýle-de 1% - mukdarda yörite goşundylar girizilyar. Olar seamentiň hilini peseltmezden oňa, klinkeri üwemek üçin ýa-da başga maksatlar üçin oňayly şertleri döredýär.

Şeýlelikde, portlandsementiň esasy komponenti portlandsement klinkeri bolup durýar. Ol taýýar önümde 83-97% çenli saklanyp bilýär. Portlandsement klinkeri üçin talap edilyän gatnaşykdaky kömürturşy kalsiy we toyunsow maddalar saklanýan tebigy çig mal tebigatda örän seýrek duş gelýär. Köplenç ýagdaýlarda portlandsement klinkerini emeli garyndydan alýarlar. Ol garyndy iki ýa-da ondan hem köp

materiallardan durýar, olaryň biri kömürturşy kalsiýniň köp mukdarda saklanylmagy bilen, beýlekisi bolsa toyunsow maddanyň köp mukdarda saklanylmagy bilen hasiýetlendirilýär. Köp zawodlarda emeli garyndy ýakylyp portlandsement klinkeri alynar.

Çig mal materiallarynyň häsiýetlerine baglylykda emeli çig mal garyndysy öl ya-da gury usul boýunça taýýarlanylýar. Birinji ýagdaýda ownatmak we çig mal materiallary garmak, belli bir mukdarda suwuň gatnaşmagy esasynda amala aşyrylýar. Şeýlelikde, alnan garyndy smetana görnüşe eye bolup oňa ŞLAM diýilýar.

Ikinji ýagdaýda çig mal materiallar ownadylmadan we garylmazdan öň guradylma sezewar bolýarlar. Üwelme netijesinde alnan garyndy ownujak gury poroşok görnüşinde bolýar, oňa bolsa çig mal uny diýilýär.

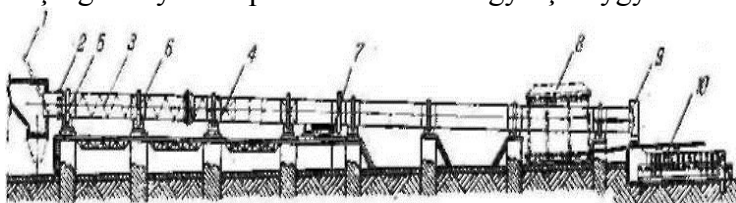
Häzirki wagtda portlandsement klinkeri ýakmak üçin iki görnüşli peçler ulanylýar: aýlanyan we şahtaly.

Aýlanyan peçleriň çig mal şihtasyny şlam görnüşinde şeýle-de çig mal uny görnüşinde-de ýakmaga mümkinçiligi bar. Şol sebäpli hem bu peçlerde ýakylanda çig mal materiallary taýýarlamagyň öl we gury usulyny hem ulanyp bolýar. Şahta peçlerinde bolsa diňe gury usulda taýýarlanan çig mal materialyny ýakyp bolýar.

2.3. Aýlanma peçler we önümçilikde ulanylyşy

Portlandsement klinkerini ýakmak üçin şahtaly we aýlanyan peçler ulanylýar. Peçiň görnüşü ulanylýan ýangyja we çig malyň görnüşine şertlenendir. Mysal üçin mergeli ýakmak üçin antrasityň ulanylmagy şahta peçini talap edýär. Kömüriň uly ýalynly görnüşü ullanylanda hem-de emeli çig mal ulanylanda bolsa aýlanma peçler talap edilýär. Umuman aýdylanda peçiň görnüşini saýlamak sement zawodynyň taslamasyna we onuň ykdysady tarapyna hem baglydyr.

Aýlanma peçi, şahta peçi bilen deňeşdirilende onuň aşakdaky aýratynlyklary bar: ýangyjyň az harçlanmagy, klinker emeleleme üçin oňaly şertler, hili boýunça birmeňzeş klinker, işçi personalyň az bolmagy, ýerli ýangyjy ulanmak mümkinçiligi we ýakma prosessini sazlamagyň çaltlygy.



Surat 3. Aýlanýan peç.

1-akym; 2-filtr-gyzdyryjy; 3-zynjyr tutasy; 4-ýylylyk çalşyjylar; 5-bandažlar; 6-bandažyň aşagyndaky obeçaýkalar, 7-peçiň priwody, 8-suwlandyryjy gurluş (опашающее устройство), 9-peçiň başy, 10-sowadyjy.

Sement senagatynyň aýlanma peçleriniň ýakma barabanyň diametri 2-den 3,6 m aralygyndadyr, uzynlygy bolsa 30-dan 110m. çenlidir. Bişme we kalsiýnirleme zonynda barobanyň diametri onuň beýleki bölümleriniň diametrine bolan gatnaşygy boýunça kesgitlenýär. Diametriň ulalmagy esasynda ýangyjyň ýanma giňişligi ulalýar, gaz akymynyň hereketiniň tizligi uzynlygy boýunça deňleşýär we materialyň hereketiniň tizligi peselýär, şoňa görä-de klinkeriň ýakylmasynyň gyrađeňligi ýokarlanýar.

Sement önümçiliginiň öl usulunda peçiň ýakma barabanyň uzynlygynyň we diametriň arasyndaky gatnaşyk (L:D) 24-den 50 çenli, gury usulda bolsa 15-den 20 çenli. Giňeldilen zonanyň uzynlygy adatça barabanyň umumy uzynlygynyň 18-22%-dir.

Aýlanýan peç aýratyn güberçek tabaklardan (обечайка) kebşirlenen ýa-da berçiklenen içi boş polat deprekden (barabandan) ybaratdyr. Aýlanýan pejiň esasy konstruktiv häsiýetleri onuň diametri we uzynlygydyr. Peçleriň profilleri gapdaldan görnişi kese kesigi dürs silindriki bolup biler, ýöne çylşyrymly profilli-giňeldilen zonaly peçler hem çykarylýar. Zonanyň giňeldilmegi ýakylýan materialyň onuň içinde bolmagynyň dowamlylygyny uzaltmaga mümkinçilik berýär. Ýöne, şunlukda materialyň peç boýunça hereketi togtadylýar.

Häzirki döwürde diametri üýtgemeyän (hemişelik bolan) peçler has giň ýaýrady. Aýlanýan peçleriň ölçeglerini uzynlygyny we diametrini metrlerde görkezýän köpeldijiler (meselem 4x170m) görnüşde aňladylýar. Eger-de pejiň giňeldilen zonalary bar bolsa, onda onuň ölçegleri pejiň gyzgyn ujundan başlap, onuň diametrlerini görkezýän sanlaryň hataryndan düzülen köpeldiji arkaly aňladylýar (meselem 3.6/3.3/3.6*150m) Russiýa federasiýasynyň zawodlarynda 3.6/3.3/3.6*150; 3.6/3.0/3.6*127; 3.3/3.0/3.3*118 m. ölçegli peçler giňden ulanylýar. Ölçegleri 5/4.5*135; 4.5*170 we 5*185 m bolan birnäçe peçler hem işleýärler. Aýlanýan peçleriň konstruktiv elementlerne korpus, jebislendiriji we ýylylyk çalşyjy gurluşlar, çig mal berijiler degişlidir.

Önümçiligiň öl usulunda ulanylýan aýlanýan peçler. Içki ýylylyk çalşyryjy gurluşlary bolan peçler. Otyrdylan ýylylyk çalşyjyly peçler diňe önümçiligiň öl usulynda peýdalanylýar. Ýylylyk çalşyjy gurluşlar hökmünde zynjyrlý uly tutylar, şlamy filter-gyzdyrjylar, metalliki we keramiki ýylylyk çalşyjylar.

Aýlanýan pejiň korpussy biri-birleri bilen berçirip, çüýleriniň kömegi bilen birikdirip ýa-da kebşirläp bolýan standart polat listlerinden ýasalýar. Pejiň berçiklenen korpussy bilen deňeşdirlende onuň barabanynyň kebşirlenen konstruksiýasyna 30% az metal harçlanýar we onuň germetikligi (jebis ýapylanlygy) ýokarlanýar. Korpusyň

galyňlygy oňa täsir edýän ýükenmeler bilen şertlendirilýär we dürli ölçegleri bolan peçler we bir pejiň temperatura laýyk zonalary üçin dürli galyňlykda bolup bilerler. Peçleriň diametri 3m-den 5m-e çenli bolanda pejiň gyzdyrlyp tutdyrlan zonasynnda korpusynyň galyňlygy, meselem, 40-46mm-e deň, şeýle ýagdaýda esasy korpusyň güberçek tabaklarynyň galyňlygy 22-24mm bolýar. Korpusyň gatylygyny ýokarlandyrmak üçin onda pejiň korpusyna kebşirlenip berkidilen listleýin poladyň zolaklarynda ybarat bolan gatylyk halkalary gurnalypdyr. Zolagyň beýikligi takmynan 150mm, ini bolsa, 20-30mm. Halka pejiň korpusyny jebis gysyp saklaýar we futerlemeden hem-de materialdan düşýän yüklenmeleriň kanagatlanarsyz paýlanylmagynda onuň deformasiýasyna ýol bermeýär. Pejiň uzynlygynyň her 15-20 m-de bir ýa-da iki sany gatylyk halkasy goýulýar. Pejiň iň gyzgyn böleginde (1 we 2 daýançlaryň arasynda) gatylyk halkalarynyň sany dörde çenli köpeliýär.

Pejiň sowuk uýynda ýagtylykda (ýagta tutylanda) pejiňkä garanda kiçi diametri bolanda direg halkasy gurnalýar. Halka peje-tozanly kamera berilýän çig mal garyndysynyň daşyna dökülmeginiň ýa-da aşa sepilmeginiň öňini alýar. Pejiň korpusynnda futerleýji kerpiji alyp bermek üçin lýuklaryň hatary bar, pejiň sowuk böleginde bolsa, materialyň nusgasyny almak üçin birnäçe lýuklar goýlupdyr. Pejiň aýratyn obeçaýkalardan (gübürçek tabaklardan) ýasalan korpusynyň montažyny (gurnalyşyny) gönüden-göni sement zawodynda amala aşyrylýar.

Pejiň korpusynnda her biri iki sany rolige daýanýan polat halkalar-Bandažlar, berkidilýär. Bandažlaryň sany we olaryň öçegleri pejiň diametri we uzynlygy bilen kesgitlenilýär. Ölçeği 5*185m bolan peçde daýançlaryň sany-8, 45*170m ölçegli peçde bolsa -7. Diametri 4,5m bolan pejiň bandažynyň ini 800mm we onuň sowuk zonalardaky diametri 5,4m, gyzgyn

zonalaryň diametri bolsa 5,5m barabardyr. Bandažyň ini daýanç rolikleriniň ininden 40-80mm kiçi bolmaly.

Her bir bandaž pejiň korpusyna boltlar arkaly birikdirilen 24 sany guýlan çöýün başmaklarda (penjelerde) erkin ýatýar. Pejiň korpusynyň ýylylygyň täsiri netijesinde giňelýändigini sebäpli başmaklaryň we bandažyň arasynda 2mm çenli ölçegli yş goýulýar. Oka görä süýşmegiň önüni almak üçin iki tarapyndan hem inedördil (kwadrat) kese-kesigi bolan halkalar goýulýar.

Bandažlaryň ýörite plastinalaryň kömegi bilen gatadylan berkidilmesini hem amala aşyrsa bolýar. Bu plastinalar bandažyň korpus bilen galtaşma çyzygy boýunça gataldylan baglanşygy we radual (okdan daşyna bolan) ugurda bolsa elastiki (maýyşgak) baglanşygy üpjün edýär. Erkin asylan ýagdaýdaky bandažlaryň temperaturalaryň üýtgäp durmagy zerarly pejiň korpusynyň geometriki ölçegleriniň üýtgemegini has ýeňil kabul edýändigini iş tejribesi görkezdi. Pejiň korpusynyň bandažlary arkaly berkidilen ýerleri has köp kesiji güýçleriň täsirini başdan geçirýärler we aşa gyzyrlar. Şonuň üçin hem diametri uly bolan peçlerde bandažyň arasyndaky (güberçek tabaklaryň) obeçäýkalaryň diýseň uly-125mm çenli ýetýär. Bandažyň pejiň korpusynda gyzdyrlyp tutluşdyrylma zonasyna gurnalyp goýulmagy futerlemesine oňaýsyz täsir edýär, şol sebäpli hem maksada laýyk hasap edilýär.

Bandaž asty daýanç rolikleri umumy ramada taýma podşipnikleriň üstünde durýar. Rolikleriň merkezleriniň aralygy çekiji boltlar arkaly regulirlenýär (sazlanylýar). Rolikleriň podşipnikleri suw bilen sowadylýar we awtomatiki ýagdaýda ýag çalynýar. Bandaž rolikden sallananda bandaž halkasynyň deň ölçegsiz iýlip könelmizligi üçin rolikleriň ini bandažyňka garanda uly-inli bolýar.

Pejiň korpusynyň dürs ýerleşýändigini gözegçilik etmek üçin onuň bir daýanjynda-bandažyň sag we çep tarapyndan iki sany gözegçilik rolikleri gurnalýar. Rolik bilen oňa ýakyn

duran bandažyň üst-ýüzüniň gyrasynyň (bandaž rolikleriň ikisinden hem daşlaşandaky) arasyňyň yşy 20-60mm bolýar. Iş boýunça göz önünde tutylan çäklerde bandažyň pejiň korpusy bilen bilelikde süýşmegi howply däl. Pejiň ondan soňraky süýşmegi bandažyň degişli gözegçilik roligi bilen galtaşmagyna getirýär we ony aýlaýar. Roligiň aýlanmagy pejiň korpusynyň maksimal ýol bererli süýşmäniň bardygyny barada duýdurýş bolup durýar. Gözegçilik rolikleri süýşýän pejiň korpusynyň basyşynyň garşysyna uzak wagtlap durup bilmeýär, ýöne olar soňraky süýşmäniň wagtlap ýolunyň alar ýaly ýeterlik derejede berk bolmaly. Köp we uzak wagtlap ýüklenmelerde gözegçilik rolikleri dargap bilerler we pejiň bandažlary daýanç roliklerinden taýyp düşmekleri mümkin. Munuň önüni almak üçin pejiň daýançlarynyň birinden önüni alyp goraýjy direk gurluşlary (direkler) otyrdylýar. Olar bandažyň iki tarapynda hem goýulýar we hereketsiz ýagdaýda durýarlar. Bu direkler fundament bilen we öz aralarynda berk baglanyşdyrylýar. Pejiň bandažlary hereketsiz duran direk bilen galtaşanda, sürtülmäniň artmagy bilen pejiň elektrik hereketlendirijisine bolan ýüklenme ýokarlanýar we ol öçýär. Peçleriň täze konstruksiýalarynda direklerde herekete getiriji elektrik hereketlendiriji barýan toguň arasyňy kesýän ahyrky öçirijiler goýulýar. Direk bilen oňa golaý duran bandažyň normal aralygy gözegçilik roligi bilen bandažyň arasyndaky yşyň ulylygyndan 30-50mm ulu bolmaly. Peç iki sany dişli şesternanyň, reduktoryň we elektrik hereketlendirijiniň kömegi bilen herekete getirilýär. Pejiň aýlaw tizligi minutda 0,5-1,5 aýlaw bolup durýar.

Pejiň herekete getiriji elektrik hereketlendirijisiniň kuwwaty 180-250kwt çemesi bolýar, onuň aýlaw sany minutda 1000 aýlaw ýetýär. Pejiň herekete getirijisindäki aýlaw sany peseltmek üçin ortaça geçiriş sany 180-e deň bolan reduktor göz önünde tutulýar. Açyk (täç görnüşli we täç asty) şesternýanlaryň jübütiniň geçiriş sany 7,5-e deň bolýar. Pejiň

herekete getirijisi iki hatar görnüşünde hem ýerine ýetirilip hem bilner. Meselem, Sibýažtam zawodynyň konstruksiýasyndaky 4,5-170m pejiniň herekete getirijisiniň mehanizmi hersiniň kuwwaty 250 kwt iki sany reduktordan we täç görnüşli şesternýa bilen ilişdirilen iki sany herekete getiriji şesternýalardan ybarat bolup durýar. Hereketlendiriji gurluşlar pejiň korpusyndan sagda we çepde ýerleşdirilýär.

Täç şekilli şesternýa pejiň korpusynda onuň sowuk we gyzgyn uçlaryndan takmynan deň aralykda berkidilýär. Şesternýanyň berkidilişi mäkäm bolmaly we şol bir wagtda hereketlendiriji şesternýadan berlen aýlanýan güýjiň elastiki (emaýbilen) kabul edilmegini üpjün etmelidir. Berkidilmeli hereket edýän peçleriň aglabasynda pejiň korpusyna galtaşma çyzygy boýunça ugrukdyrylan 10-12 sany ýasy pružinanyň (ýaýjyklaryň) kömegi bilen amala aşyrylýar. Biri-birlerinden deň aralykda ýerleşdirilen pružinalaryň bir uýy pejiň korpusyna, beýleki uýy bolsa täç görnüşli şesternýanyň ýörite küti guýylan ýerine berkidilýär. Şeýle ýagdaýda herekete getiriji şesternýadan geçirilen güýç örän elastiki halda berilýär. Täç şekilli şesternýanyň otyrдыlyşynyň bu usulynyň kemçiligi pejiň diametriniň ulalmagy bilen çylşyrymlaşýan konstruksiýalardan takyklygy berjaý etmegiň kynlygy bolup durýar.

Şesternýa pejiň korpusyndaky beýik aşagyna goýulan enjamlardan ýerleşdirilýän ýasy polat pružinalaryň kömegi bilen has aňsat berkidilýär. Aşagyna goýulýan listleýin polatdan ýygňalan enjamlar biri-birlerinden 1,5-2,4m aralykda jübütde ýerleşýärler. Pružinalar aşagyna goýulýan enjamlara we şesternýanyň korpusyna berkidilýär.

“Polizpus“ zawodynyň peçleriniň kontruksiýalarynda şesternşalarynyň otyrдыlmany aralyk pružinalary ulanmazdan amala aşyrylýar. Şesternýanyň bir uýy peje direýän, beýlekisi bolsa şesternýadaky küti (galyň) guýulan ýerlere gurnajy boltlaryň we barmaklaryň kömegi bilen birikdirilen konşteýnlerden berkidilýär. Kronşteýnler jübüt-jübütde

gurnalyp goýulýar we pejiň korpusyna polat plastinalaryň kömegi bilen berçiklenilýär.

Täç şekilli şesternýanyň we pejiň korpusynyň diametrleriniň arasynda gatnaşyk 1,4-1,7 bolýar. Şesternýanyň diametriniň uly bolmagy aýlaw geçirlende şesternýanyň dişine düşýän güýji azaltmak zerurlygynda gelip çykýar.

Uly aýlanma inersiyasy bilen häsýetlendirilýän uly aýlanýan peçleriň remont-bejeriş işleri ýa-da futerleme işlerinde uly bolmadyk burça aýlap öwürmek üçin kömekçi herekte getirijisi bolýar. Kömekçi herekete getiriji korpusyň öz agramyna sallanmagyndan goramak, onuň önüni almak maksady bilen peç birden duýdansyz togtanda ony haýaljak aýlap öwürmek üçin hem ulanylýar. Kömekçi herekete getirijiniň kömegi bilen pejiň aýlanma tizligi sagatda 1-4 aýlaw bolup durýar. Bu herekete getirijide ulanylýan elektrik hereketlendirijiniň kuwwaty 5-20 kwt barabardyr. Herekete getiriji elektrik energiýasynyň berilmeginiň kesilen ýagdaýynda ulanar ýaly içinde ot ýanýan hereketlendirijili elektrogenator bilen enjamlaşdyrylýar.

Pejiň gyzgyn uýy yza süýşýän başjagaz arkaly ýapylýar. Onuň üstünden peje ýangyç-howa garyndysyny bermek üçin forsunkalar (ot berijiler) geçýärler. Pejiň sowuk uýy tozanly kamera girýär. Peçdäki ýakylma prosesini dogry we dürs alyp barmak üçin hem ýük düşürilýän, hem-de ýük ýüklenýän uçlaryndaky sowuk howanyň birneme sorulmagyny aradan aýyrmaly. Pejiň agzalan ýerlerinde howanyň birneme sorulmagynyň önüni almak üçin ýörite jebisleşdiriji gurluşlar ulanylýar. Jebisleşdiriji gurluşlaryň konstruksiýalary örän dürli-dürli bolýar. Asylan halkaly jebisleşdirme, labirint jebisleşdirmesi korpusyň üst ýüzi boýunça erkin typýan halka arkaly jebisleşdirme, rezinleşdirilen lenta bilen we beýleki jebisleşdirmeler öňden bellidir. Meselem, asylan halka arkaly jebisleşdirmäniň manysy iki halkanyň, olaryň biriniň pejiň başjagazynda gurnalyp, beýlekisiniň bolsa, ýükleriň kömegi

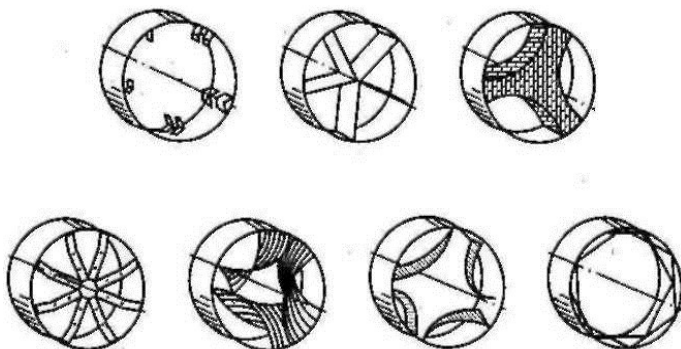
bilen pejiň korpusynyň daşynda asylygy bolmagynda, olaryň biri-birlerine pružinalar arkaly gyslyşdyrmagyndan ybaratdyr we howanyň geçmegine böwet bolmagyndadyr. Labirint görnüşli jebislenmede konsentriki ýerleşen halkalaryň iki hatary bar. Olaryň biri hereketsiz ýagdaýda başjagazda berkidilýär, beýleki hatar hem pejiň korpusy bilen berk baglaşdyrylýar. Halkalaryň bir hatarynyň çykyp duran ýeri beýleki hataryň çöket ýerine girip, ýeterlik derejede gowy jebisleniş emele getirýär. Agzalan jebislendirmeleriň ählisi hem senagatda orun tapdy we ulanyşda özlerini gowy tarapda görkezdi. Ol ýa-da beýleki gurluşyň saýlanyp-seçilip alynmagy meselem: onuň ýasalyşynyň çylşyrymlylygyny we pejiň ýokary we aşak süýşmeginiň şertlerinde we ýokary temperaturalardaky işleýşiniň ygtybarlylygyny hasaba almak arkaly çözülmelidir. Jebislendirmeleriň iň netijelileriniň biri aerodinamika jebislendirmedir. Ol pejiň yük düşürüş ujynyň daş-töwerwginde ýerleşdirilen halkalaýyn, ysly halkalaýyn kanaldan ybaratdyr. Onuň içinde pes basyş döredilýär, onuň hasabyna daşky howa peje girmeyär-de kanala sorulýar. Çig mal garyndysy peje susakly beriji arkaly berilýär.

Pejiň hasaplanylýan öndürjiligini almak üçin onuň diametri we material bilen doldyrylma derejesi hemişelik bolmalydygy barada öň aýdylpdy. Pejiň uzynlygy bolsa ýylylyk çalşygyň şertleri bilen şertlendirilýär. Pejiň sowuk böleginde ýylylyk çalşyk üst ýüzüni ulaltmak arkaly, ýylylygyň harçlanylyşyny öňkiligine galdyryp, pejiň uzynlygyny kelteltsek bolýar.

Peçiň-içindäki ýylylyk çalşygy gurluşlar materialyň gazlar bilen galtaşma üst ýüzüni ulaldýarlar we gazlarda ýylylygy kabul edip we soňra ony materiala berip (geçirip) özleri ýylylyk çalşyga ýardam berýärler. Olary ulanmagyň netijesinde peçi material bilen doldurma koeffisiýenti ulalýar, çünki materýalyň peç boýunça hereket ediş tizligi biraz haýallaýar. Ýylylyk çalşygy gurluşlar materialyň süýşmegini

gowylandyrýar, onuň gatlakda gyzdyrylmagynyň has degişli bolmagyna ýardam berýär.

Pejiň sowuk uýyndan başlananda birinji ýylylyk çalşygy bolup, filtirleýji-gyzdyryjy durýar. Ol pejiň sowuk uýynda pejiň diametrne (3-5m) deň bolan aralykda gurnalýar. Filterleýji-gyzdyryjy, esasan, tüsse gazlaryny tozanyň iri fraksiýalaryndan arassalamak üçin, yöne şunuň bilen bir hatarda şlam hem 60-70°C temperatura çenli gyzdyrylýar.



Surat 4. Pejiň içindäki ýylylykçalşyjylaryň umumy görnüşleri

Gazlary pejiň okuna görä keseligine hereketli (haç görnüşli) filtrleýji gyzydryjyny merkezde haç görnüşde birikýän dört sany kamerasy bar. Kameralaryň düýbi gözenekli jübüleri bar. Olaryň pejiň aşaky ýagdaýynda şlam bilen doldyrylýar. Kameralaryň diwarlary hem gazlaryň we materialyň geçip gitmegini üpjün etmek üçin gözenek görnüşde ýasalýar. Kameralaryň 50-70%-i metal halkalar ($h=110\text{mm}$; $D=110\text{mm}$; $S=10\text{mm}$) bilen doldyrylýar. Pejiň uzynlygy boýunça ýerleşdirilýän seksiýalaryň sany pejiň ölçeglerine, şlamyň çyglylygyna we çykyp gidyň gazlaryň temperaturasyna baglylykda dürli hili bolup biler; filtrleýji gyzydryjynyň umumy uzynlygy 0,45-0,7D çäklerde üýtgeýär. Kameralaryň aralaryndaky giňişlik gazlar geçer ýaly boşlugyna

galýar. Şunlukda sektorlar pejiň gyzgyn tarapyndan açyk hem-de sowuk tarapyndan ýapyk, sektorlar bolsa-tersine. Gazlar sektorlaryň diwaryna urulyp ugurlaryny üýtgedýärler, kameralaryň içinden geçýärler we sektorlara gidýärler. Soňra indiki seksiya girip, olar ýene-de ugurlaryny üýtgedýärler. Şlam jübilerden doldyryş jisimlerini goşmaça ölläp, pejiň ýokarky ýagdaýynda dökülýär. Filtirleýji-gyzdyryjyda şlamdan tuty döredilýär. Onuň içinden geçip, tüsse gazlary filterlenýärler (süzülýärler) we tozandan arassalanylýar.

Gazlary pejiň okynyň uzaboýuna görä hereketli (membranaly) filterleýji gyzdyryjy pejiň tutyş kese-kesigini doldyryp duran alty sany kameralar görnüşde ýasalýar. Kameralar biri beýlekisinden radial germewler arkaly bölünýär. Jübüleriň we kameralaryň arasynda summül görnüşli kameralaryň gözenekleri bar. Kameralaryň diwarjagazlary hem summül görnüşli gözeneklerden ýasalýar. Kameralaryň jisimler arkaly doldyrylma derejesi 50-70%. Kameralaryň uzynlygy 0,5-0,8m. Pejiň uzynlygy boýunça (uzaboýuna) membranaly filtrleýji gyzdyryjynyň 2-3 seksiyasy goýulýar.

Zynjyrlý filtrleýji-gyzdyryjy ýasamak boýunça synansyklar boldy. Giprosementniň kontruksiýasynda zynjyrlar erkin uçlar görnüşünde örän dykyz ýagdaýda asylyşdyrylýar, beýleki konstruksiýalarda bolsa, pejiň tutyş kese-kesigini örtýän bitewi zynjyr zolaklarynyň döredilmegi göz önünde tutylýar.

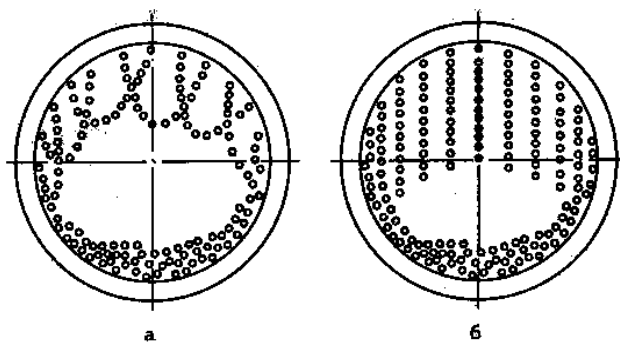
Filterleýji-gyzdyryjylar ulanylanda has köp derejede tozanyň uçyp gitmegi (2-3%-e çenli) peselýär we klinker ýakylanda takmynan 50kkal/kg ýylylygyň udel (ülüşleýin) harçlanylşy azalýar. Ýöne, filterleýji-gyzdyryjylar özleriniň netijeli işlemekleri üçin pejiň işlemeginiň stabil (durnukly) režimini talap edýärler. Çekilip çykyp gidýän gazlaryň temperaturasynyň we olaryň tozanlylygynyň ýokarlanmagy filterleýji-gyzdyryjylardaky şlamyň goýulmagyny getirip biler: bu bolsa pejiň işini şol bada bozýar. Filterleýji-gyzdyryjylaryň

dine çekilýän gazlarynyň temperaturasy 300°C-dan ýokary bolmadyk uzyn peçlerde ýeterlik derejede netijeli işlejekdigini tejribe görkezýär. Zynjyrlý filterleýji gyzdryjylar dolandyrys jisimlere garanda, juda pes derejede ýaglanýlar.

Ýylylyk çalşyý gurluşlaryň beýleki bir nusgawy görnüşi (tipi) zynjyr tutylar çekilýän gazlaryň temperaturasy o diýen uly bolmadyk uzyn peçlerde gurnalýar we olaryň gulluk ediş möhletiniň uzak bolmagyny üpjín edýär. Zynjyr tutylaryň uzynlygy pejiň ölçegleri bilen şertlendirýän we 20-35m çäklerinde bolýar. Zynjyrlar filterleýji-gyzdryjydan 0,5-1m daş aralykda ýerleşdirilýär. Gyzdryjydan çykan şlam zynjyry deň ölçegli endigan örtýär we gyzgyn tüsse gazlary tarapyndan guradylýar. Zynjyrlar zonasyndan material 8-10% pes bolmadyk çyglylykda granulalar görnüşünde çykýar. Materialyň çyglylygynyň peselmegi zynjyrlaryň granulalary gymmagyna getirýär. Bu bolsa tozanlaryň alyp gidilmeginiň ýokarlanmagyna ýardam berýär. Mundan başga-da, zonanyň bu bölegindäki temperaturanyň 700-800° C-dan ýokary galmagy zynjyrlaryň ýanmagyna getirip biler. Ýöne zynjyrlar zonasyndan çykýan şlamyň 0-2% deň bolan çyglygyndan hem peçleriň gowy işländigleri äşgär boldy (Nikolaýew Sement zawody).

Zynjyrlaryň asylmagy iki usulda alnyp barylýar: olar „erkin sallanýan uçlaryň“ şekilinde we „gırlýanda“ (iki uýy berkidilip salparylyp asylan) görnüşünde pejiň içinde berkidilýär. „Erkin asylan uçlar“ asylanda pejiň korpusyna zynjyryň dine bir uýy berkidilýär, onuň beýleki uýy erkin bolýar. Materialyň hereket edip geçip gitmegine päsgel bermez ýaly her bir zynjyryň uzynlygy pejiň ýagtylygy tutylandaky 0,6-0,7D-ne deň edilip ýasalýar; töwerek boýunça 40-a çenli zynjyr asylýar, asylmak ädimi-250mm „Grilýandalar“ görnüşünde asylanda zynjyryň bir uýy pejiň korpusyndaky bir halkadan asylýar, beýleki uýy bolsa, beýleki bir halkadan asylýar. Zynjyryň asylma nokatlarynyň arasy 0,5-0,6D ýagny

zynjyrlar iki goňşy halkalardan asylan, eýsem, materiallyň hereket etmeginiň haýallaýan zonalaryň ýüze çykmagyny aradan aýyrmak maksadyny bilen elmydama bir halka geçirip, indiki halka dakylýar. Zynjyryň asylma nokady töwerek boýunça süýşürilýär, netijede, zynjyryň bir ujy onuň beýleki uýyndan öň ýokary galýar. Bu ýagdaý materiallyň hereket etmegine ýardam berýär, şol sebäpli-de, zynjyrlaryň asylyş ugrylary pejiň aýlanýan we materiallyň hereket edýän ugry bilen ylalaşdyrylmaly. Zynjyrlaryň asylyş ugry bilen pejiň okynyň arasyndaky burç 60-dan geçmeli däl. Şeýle bolmadyk ýagdaýda zynjyrlar materiallyň hereket etmegini haýalladyp başlaýarlar. Her bir gırlýanda zynjyryň uzynlygy pejiň 1,2-1,3D-ine barabar. „Gırlýandalaryň“ materiallyň hereket etmegine ýardam berýändigini sebäpli, olaryň asylyş dykzlygy „erkin uçly“ zynjyrlaryň asylyşynyň dykzlygyndan uly bolup biler. Mundan başga-da „gırlýandalar“ materialyň käbir hereketlerine ýardam berýär we şonuň netijesinde, şeýle hem gazlaryň hereket tizliginiň ýokarlanmagynyň hasabyna, gazlaryň we materialyň arasyndaky has intensiw (depini) ýylylyk çalşygyny üpjün edýär.



Surat 5. Zynjyr tutylary asmagyň prinsipial shemasy:

a) Gırlýandalaýyn asylan
zynjyrlar

b) Erkin asylan
zynjyrlar

Zynjyrlaryň pejiň uza boýuna asylmagynyň dykyzlygy şlamyň fiziki häsýetlerine baglylykda biraz üýtgeýär. Şlamyň süýgeşikli ulaldygyça, zynjyrlar has seýrek asylýar. Zynjyr tutysynyň döredýän gidrawliki garşylyk zynjyrlaryň asylyş usulyna bagly bolup durýar: ol erkin uçly asylmada pejiň uzynlygynyň 1m 0,6-2,0mm suw.süt. gırlýandalar görnüşünde asylanda bolsa -2,0-2,8mm suw.süt. barabar bolýar. F.G.Banatiň maglumatlary boýunça gırlýandaly zynjyr tutysy üçin ýylylyk beriş koefsiýenti $30-50 \text{ kkal/m}^2 \text{ grad.sag.}$, erkin uçly zynjyr tutysy üçin bolsa, $10-20 \text{ kkal/m}^3 \text{ grad.sag.}$ deň bolýar. Diýmek, zynjyrlaryň gırlýandalaýyn asylmagy ýylylyk tehnikasyn nudaýnazaryndan has netijeli bolup durýar. Ýöne çyglylygyň çenden aşa ýokary şlam ulanylanda zynjyrlaryň erkin asylmagy hem juda maksadalaýyk bolup biler. Häzirki zaman peçlerinde zynjyrlaryň umumy uzynlygy 2000m we ondam hem uzyn, olaryň üst ýüzi bolsa, -1500 m²-dan hem ýokarda bolýar.

Materialyň granunalarynyň çyglylygy 8-10%-den 2-3%-e çenli peselmeli birneme guradylma zonasynyň ahyrynda şeýle hem biraz gyzdyрма zonasynda ýylylyk çalşygynyň üst-ýüzüniň ulaldylmagy dürli konstruksiýaly ýylylyk çalşyjylaryň gaýtadan döküji pilçeleriň we riflenen futerlemäniň kömegi bilen amala aşyrylýar. Ýylylyk çalşyjylar pejiň material bilen doldyрма derejesini ýokarlandyryrlar, üstesine-de, şol bir wagtda materialyň gazlar bilen galtaşma üst ýüzüni ulaldýarlar. Bu faktorlar şeýle hem pejiň ýylylyk çalşyjylary duran bölümlerinde gazlaryň hereketiniň tizliginiň ýokarlanmagy gowy ýylylyk çalşygy hem üpjün edýär. Ýylylyk çalşyjylaryň duran bölümünde ýakylýan material külke bolansoň, onuň gazlar bilen galtaşma üst-ýüzünün ulalmagy, üstesine-de olaryň ýokary tizlige eýe bolmagy tozan äkidilmeginiň düýpli ýokarlanmagyna getirýär. Ony azaltmak üçin ýylylyk

çalşyjylardan çykýan materýalyň çyglylygyny çykýan materiallyň çyglylygyny 2-3%-den az bolmadyk derejede saklamaklyk maslahat berilýär. Temperaturalaryň 1000°-dan ýokary oblastlaryndan ýylylyk çalşyjylar pejiň ýokary temperaturaly zonasynda ýylylygyň şöhlelenmegine päsgel berýän ekranlaryň ornuny tutýarlar. Bu bolsa gyzdrylyp tutlyşdyrylma zonasynda temperaturanyň ýokarlanmagyna ýardam berýär.

2.4. Çig mal garyndysy ýakylanda bolup geçýän prosesler

Çig mal garyndysy ýokary temperatura çenli olaryň gyzdrylýan prosesinde olaryň hem minerologiki düzüminiň hem-de fiziki häsiýetleriniň üýtgemegi bilen bilelikde bolup geçýän çylşyrymly öwrülişmesine duçar bolýar. Gury ýa-da öl usul boýunça taýýarlanan çig mallaryň fiziki häsiýetleriniň üýtgame häsiýeti olaryň gyzdryldygy saýy dürli temperaturalaryň belenilen interwalyna çenli ýetýär, ýöne şlamdaky suw bugarandan, gutarandan soň çig mal garyndylarynyň iki görnüşinde hem, elbetde, şol bir himiki reaksiýalar bolup geçýär.

Şlamyň häsiýetine temperaturanyň edýän täsiri:

Aýlanýan peçe barýan çig mal şlamy gyzgyn tüsseli gazlaryň täsirine sezewar edilýär, şonuň bilen baglylykda, onuň temperaturasy 70-80⁰ çenli çalt ýokary galýar. Gyzdrylan şlamyň süýgeşikligi hemişelik däl: ilki başda ululygy biraz azalýar,soňra bolsa artýar.

Podolsk sement zawodynyň şlamynyň süýgeşikliginiň ululygynyň üýtgemegi aşakdaky ýalydyr:

Şlamyň temperaturasy	20 ⁰	30 ⁰	50 ⁰	80 ⁰
Strukturirlenen şlamyň iň uly hemişelik süýgeşikligi, (puaz)	160	94	102	188

Temperaturanyň ýokarlanmagyna görä şlamyň süýgeşikliginiň peselmegi suwuň süýgeşikliginiň azalmagy we suspenziýalaryň bölejikleriniň hereketlenmeginiň artmagy bilen bolup geçýär, onuň netijesinde olaryň arasyndaky gatnaşyk bozulýar ýa-da gowşaýar. Gaty bölejikler üst meýdanynda diffuzly struktirlenen gabygynda gysylýar we onda ýygnanan suwuň bir bölegini boşadýar. Artykmaç erkin suw we onuň peselen süýgeşikligi ýokary temperaturada çig malyň şlamynyň akyjylygyny has artdyrýar. Ýöne temperaturanyň ýokarlanmagynyň täsiri astynda bolup geçýän, şlamyň bölejikleriniň ýylylykly hereketlenme intensiwliginiň artmagyna laýyklykda agregirlenmäge alnyp barylýan olaryň arasyndaky urulmalaryň ýygylanmagy başlanýar. Bu şertlerde sistemanyň süýgeşikligini artdyrýan we erkin suwuň uly mukdaryny özüne alýan iri we tozgalanan bölejikleriniň emele gelmegine getirýär. Şlamyň strukturirleýji ukyplylygy gaýtadan artýar.

Şlamyň strukturasynyň ikilenji berkemeği bilen başlanýan temperatura garyndynyň komponentleriniň düzümine we strukturasyna baglylykda üýtgeýär.

Suwuň bugarmagyna görä şlam örän süýgeşik bolýar, tokgalanýar, soňra bolsa doly guraýar.

Pejiň gazly akymyndan şlama çökyän tozan belli bir derejede onuň goýalmagyny çaltlandyrýar. Tozanyň düzüminde kalsiý okisiniň erkin uly bolmadyk mukdarynyň bolmagy we onuň ýokary dispersligi toýunly komponentleriň koagulyýasiýasyny emele getirýär.

Gyzdyrylanda aýry çig mal komponentleriniň üýtgemegi:

Toýunly materiallar 50-100⁰ temperatura çenli gyzdyrylanda mehaniki taýdan baglanyşykly ähli çyglylygyny ýitirýär, 100-300⁰ C temperaturanyň çäklerinde bolsa absorbsion baglylykdaky çyglylygyny ýitirýär.

Temperaturanyň şol bir interwalynda olaryň kristalliki gözeneginden kristallizasion suwuň käbir mukdaryny bölip aýyrmak netijesinde suwly alýumosilikatlar biraz dargaýar. Suwuň esasy bölegi bolsa 400-600⁰ temperatura interwalynda kristalliki gözenekden toýunly materialdan bölünip aýrylýar, baglanyşykly suwuň galan 2-3% aýyrylyşyny diňe 900-1000⁰ temperaturada görmek bolýar.

Kristalliki gözenekden toýunly mineralyň ilkinji suw molekulalary aýyrmak onuň giňelmegi bilen bilelikde bolup geçýär, şonuň bilen baglylykda 400-450⁰ temperaturada toýunly minerallar işjeňleşýär we daşky gurşaw bilen işjeň täsirleşmäge ukyply bolýar. Ähli suwy ýitirip toýunly materiallar temperaturanyň artmagy bilen kristalliki gözenegiň gurluşynyň mundan beýläkde üýtgemegine getirýär. Galan $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2$ düzümiň suwsyz gaty galyndysy iň soňynda doly dargaýar ýa-da okislere çenli dargap, olaryň her birisi temperatura ýokary galanda özüniň çylşyrymly polimorf öwürülmelerine duş gelýär.

Slýuda beýleki toýunly minerallar bilen deňeşdirilende gyzdyrylanda örän çydamly bolup durýar. Toýunyň, kaoliniň we kwars çägesiniň köplenç hemrasy bolup durýan muskowit diňe 850-1100⁰ temperatura interwalynda degidratlaşýar, 1260-1290⁰ temperaturada bolsa ereýär.

Suwly alýumosilikatlar gyzdyrylanda olaryň udel üst meýdanynyň üýtgemegi bolup geçýär. Sistemada mineralyň boşlukly suwsyz kristalliki skeleti emele gelende olaryň köpüsi 400-450⁰ temperaturada örän ýokary udel üst meýdana eýe bolýar. Temperaturanyň artmagy bilen massa kem-kemden dykyzlanýar.

Gelitin demirli oksidraty 200-den 600 çenli giň temperatura interwalynda gematite öwrülýär. Demir okisleriniň mundan beýläk öwürlmeği daşky gurşawyň hasiýeti goşundylarynyň bolmagy we temperatura interwaly bilen üznüksiz, baglanyşykly. CaCO_3 kalsiýniň kömürturşy gazynyň dekarbonizosiýasynda başlangyç temperatura $600-900^0$ çäklerinde bolup, ol goşyndynyň jynsynda bolan mukdaryna, görnüşine we onuň däneleriniň strukturasyna bagly.

Ilkinji pes temperaturaly CaO kristaljagazlaryň udel agramy dykyz kalsiý okisiniň nazary udel agramyna $Y_1=3,446 \text{ sm}^3$ barabar, ýöne hek daşynyň dargap başlaýan tapgyrynda emele gelyän CaO ýokary boşluk bilen häsiýetlenýär.

Temperatura artanda CaO däneleri köp derejede dykylanýar, netijede olaryň göwrüminiň agramy artýar.

Däneleriň dykylanmagy bilen rekristallaşmaga alyp barýan gaz görnüşli CO_2 ýaly özara täsirleşende olaryň işjeňligi artýar. Hek daşynyň garyndysy CaO düwünçeginiň ösmek we emele gelmek prosesini çaltlandyryp we saklap bolýar CaCO_3 şihhada dargama prosesi $1000-1200^0$ temperaturada doly tamamlanýar.

Kömürturşy magniý MgCO_3 $500-700^0$ temperatura interwalynda (640^0 CO_2 basyşy 1at. barabar) dekarbonizirlenýär, dolomit bolsa $600-900^0$ temperatura interwalynda kömürturşy kislotany bölüp çykarýar. Meýdanşpatly minerallar sement çig malynda $0,9 \text{ K}_2\text{O} \cdot 0,1 \text{ Na}_2\text{O}$.

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$, ortoklaz, $0,75 \text{ K}_2\text{O} \cdot 0,25 \text{ Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ mikroklin we $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ albit arkaly görkezilen kaliý-natriliý meýdan şpatlary örän aňsat ereýär. Olar takmynan 1170^0 temperaturada leýsite ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) we aýna dargap eremäge başlaýar. Olaryň gutarnykly eremegi 1450^0 başlanýar. Natriý-hek daşly meýdan şpatlary $1100-1550^0$ temperatura interwalynda ereýär. Iki tunelli gips gyzdyrylanda yzygiderli poligidrat, suwsyz angidrit

we $\text{XCaSO}_4 \cdot \text{YCaO}$, estrih gipsiň emele gelýän tapgyrlarynda geçip dargaýar. CaSO_4 gutarnykly CaO we SO_2 dargamagy 1300° -den ýokary temperaturada bolup geçýär. Çig mal garyndysynyň organiki goşundysy $200\text{--}300^\circ$ temperatura interwalynda ýanýar.

Gaty ownuk owradylan we garyşdyrylan çig mal garyndysy sement ýakylýan peçlere $1400\text{--}1500^\circ$ temperaturada ýakylmaga sezewar edilýär. Ýakylma netijesinde emele gelýän bişen daşa meňzeş önüm (klinker) çylşyrymly minerologiki düzümi we çylşyrymly mikrokristalliki strukturasy bilen häsiýetlenýär.

Portlandsementiň klinkerini almak üçin ulanylýan aýlanýan peçler garşylyklaýyn akymly prinsip boýunça işleýär. Çig mal garyndysy peje onuň ýokarky (sowuk) uýy tarapyndan berilýär, aşaky (gyzgyn) uýy tarapyndan peçiň uzynlygy boýunça 20-30 m ýanýan howaly garyndy-ýangyç üflenýär. Gyzgyn gazlar materiala garap süýşýär we ol gerekli temperatura çenli gyzdyrylýar.

Portlandsement klinkeri esasan $(3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2)$ üçkalsiý silikatdan ýagny C_3S ikikalsiý silikatdan $(2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2)$ C_2S , üçkalsiý alýuminat $(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3)$ - C_3A we braunmillerit ýagny $(4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)$ – C_4AF -den durýar.

Mundan başga-da klinkeriň düzümünde birnäçe başga goşundylar hem bar . Olar käwagt peýdaly hem bolup bilýär. Meselem MgO käbir mukdarda bişme prosesi ýeňilleşdirýär. Ol erkin halda bolýar. Klinker ýakylanda bişme reaksiýasy esasy reaksiýa hasaplanýar, ýagny bişme prosesi aýlanýan peçiň has gyzgyn zonasynda klinker mineralynyň emele gelmesi bolup geçýär. Peçe gelýän garyndy kömürturşy kalsiýden toýunsow düzüm böleklerden, suwdan we beýleki garyndylardan durýar.

Portlandsementiň esasy minerallary:

Üçkalsiýlisilikat $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ C_3S (alit)
Ikikalsiýlisilikat $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ C_2S (belit)
Üçkalsiýlialýuminat $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ C_3A (gelit)
Dörtkalsiýlialýumoferrit $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ C_4AF

(braunmillerit)

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 (gelit)

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

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— $5\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $8\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ şeýle-de kalsiýniň 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) magniýniň 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 köp mukdarda bolmaly däl.

Portlandsement klinkeriniň esasy komponentleri CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 oksidleriň jemi klinker massasynyň 95-97%-ni tutýar. Şol oksidlerden başga-da ulanylýan çig malyň görnüşine baglylykda klinkeriň düzüminde hemişe köp bolmadyk mukdarda MgO , TiO_2 , Mn_2O_5 , SO_3 , P_2O_5 , Cr_2O_5 we ş.m. saklanýar.

Adaty klinkerde aýratyn oksidleriň mukdary şu çäklerde bolup geçýär:

CaO -63-66%

SiO_2 -21-24

Al_2O_3 -4-8
 Fe_2O_3 -2-4
 MgO -0,5-5,0
 SO_3 -0,3-1,0
 R_2O ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)-0,4-1,0
 TiO_2 -0,2-0,5
 P_2O_5 -0,1

Eger-de düzüminde 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 CaO -ň kislota oksidleri bilen doly baglanyşmagydyr. Baglanyşmadyk (erkin) görnüşde galan CaO klinkeriň hilini peseltýär. Standartyň talabyna laýyklykda erkin CaO mukdary 2%-den geçmeli däl.

Kremnezýom- CaO bilen gidrawliki gatamaga ukyply bolan silikatlara birleşýär. Portlandsementiň düzüminde SiO_2 -ň köp bolmagy, onuň tutluşma wagtynyň soňunda berkliginiň ýokary bolmagyna getirýär. Gidrotasiýa prosesinde köp ýylylyk bölünip çykýar we sulfatly suwlarda durnuklylygy ýokary bolýar.

Glinozýom- CaO bilen alýuminatlary emele getirýär. Al_2O_3 köpelmegi sementiň çalt gatamagyna getirýär, emma onuň sulfata we sowuga durnuklylygy pes bolýar.

Demir oksidi – Fe_2O_3 erediji hökmünde bolup ol klinkeriň gysyp tutluşmagynyň gowulaşdyrýar. Portlandsementiň düzüminde Fe_2O_3 -ň köp bolmagy bilen onuň sulfata durnuklylygy artýar.

MgO- bu klinkerde gerek bolmadyk garyndydyr. Klinkerdäki MgO -y sementiň berkligini peseltýär we dargamaga getirýär.

Sement gatanda göwrümi gyrađeň üýtgemeyär.

SO_3 - kükürt kislotasynyň angidridi gips görnüşinde portlandsementiň tutluşma wagtyny sazlamak üçin gerek.

TiO₂- klinkere 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. TiO₂-5%-den köp bolsa ol sementiň hilini ýaramazlaşdyrýar.

Mn₃O₅- bu diňe çig mal garyndysyna toýunsow komponent hökmünde domna şlaklary ulanylanda az mukdarda bolup bilýär. Bu oksid klinker mineralda Fe₂O₃-ň ýerini çalyşýar we klinkeriň häsiýetine täsir etmeýär.

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.

Klinkeriň minerologik düzümi- onuň iň doly we ynamly häsiýetnamalarynyň biri. Barlaglaryň netijesinde portlandsementiň esasy gurluşy özboluşlulyklary onuň klinkeriniň minerologik düzümine we sementiň udel üstüne bagly. Klinkerde C₃S köp saklaýan we C₃A ýeterlik mukdarda bolan sementler örän çalt gataýarlar we tiz ýokary berklige eýe bolýarlar, olary tiz gataýan portlandsement taýýarlanlarynda ulanylýar, C₂S we C₄AF köp saklaýan sementler haýal gataýar we gatamada az ýylylyk bölüp çykarýar; olary pes termiki sementleri taýýarlamakda ulanylýar. C₃A köp saklaýan sementler çalt tutluşýar we gataýar, ýöne olaryň doňadurumlylygy we minerallaşan we sulfatly suwlara garşy durnuklylygy pes.

Portlandsementiň esasy fazalary:

Alit-3CaO·SiO₂ ýa-da C₃S

Belit-2CaO·SiO₂ ýa-da C₂S

Aralyk madda

Alit-esasy klinker mineraly, portlandsementiň berkligini, gatama tizligini we beýleki häsiýetlerini kesgitleýär. Klinkerde alityň mukdary 45-60% ýetýär. Portlandsement klinkeri alit arassa üç kalsiýli silikatdan azrak tapawutlanýar. Sebäbi gaty ergin görnüşinde ol köp bolmadyk mukdarda Mg, Al, P we beýleki oksidleri saklaýar. Arassa alit 1200-1500⁰-dan 1900-2070⁰-a çenli aralykda durnukly. Şondan pes temperaturada alit belit we CaO dargaýar, 2070⁰-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 $\beta 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ -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.

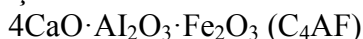
Kalsiýalýuminaty- ol klinkerdäki aralyk maddada iki birleşme görnüşinde bolup bilýär:

üçkalsiýli alýuminat- $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ we başkalsiýli alýuminat- $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$

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

Alýumoferrit faza-düzümi üýtgeýän gaty ergin, ol klinkerdäki glinozýom bilen demir oksidiniň gatnaşygyna şeýle hem sowamagyň režimine bagly. Portlandsement klinkerde

alýumoferrit faza düzümi boýunça dörtkalsialýumoferrite meňzeşdir.



Aýna görnüşli faza ýa-da klinker aýnasy- bu klinkeriň kristallaşyp ýetişmedik suwuk fazadadyr. 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 gyrađen üýtgemegine (kalsiýgidroksidine geçmegi sebäpli) getirýär. Natriý oksidi $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ bilen özara täsir edişip

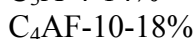
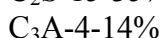
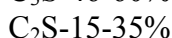
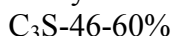


K_2O -di iki kalsiýli silikat bilen birleşip birleşmäni emele getirýär:

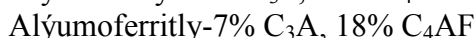
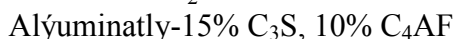
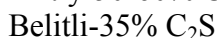
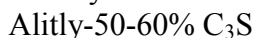
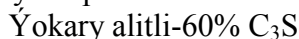


Aşgarlar klinkerde sulfatlar görnüşinde bolýar şeýle hem alýuminat we alýumoferrit fazanyň düzümine girýär. Aşgar birleşmeleriniň emele gelmegi klinkeriň gidrawliki aktiwligini peseltýär.

Adaty hekiň düzümi:



Başlangyç klinkerde minerallaryň saklanyşyna baglylykda portlandsementiň şu görnüşli bolup biler:



2.5. Gaty ýagdaýdaky reaksiýalar

Temperaturanyň artmagyna görä jisimleriň (ionlar, atomlar, molekulalar) kristal görnüşli gözenekleriň struktura elementleri öz merkezleriniň töwereginde ýygylgy we amplitudasy boýunça köp yrgyldap başlaýar. Her bir berlen kristal görnüşli gözenek üçin kesgitlenen temperaturada bölejikleriň yrgyldamak amplitudasy şular ýaly ululyga ýetip, olar gözenegiň içinde we daşynda täze ýagdaýlara geçmek üçin we gözenegiň berlen böleginde deňagramlylyk ýagdaýyndan elementar bölejikleri üzüp aýyrmak üçin mümkinçilikler emele gelýär. Bölejikleriň diffuziýasy kristalyň arasynda, ön gözenekde erkin bolup, ol bilen boşluklary doldurmak arkaly bolup geçýär.

Ahli sement çig malynyň ahli komponentleriniň diýen ýaly kristal görnüşli gözenekleri bu şertlerde olarda öňden H_2O , OH , CO_2 bilen eýelenen boş ýerleriň otnositel pes temperaturalarda eýýäm emele gelmegi netijesinde örän ýokary işjeňlik bilen häsiýetlendirilýär. Ýerleriniň çalyşmagy bilen bolup geçýän bular ýaly gözenekleriň struktura elementleriniň intensiw ýylylyk bilen süýşmegine alyp barýar, soňra dürli komponentleriň bölejikleriniň biri-biri bilen özara täsirleşmegine getirýär. Bular ýaly özara täsirleşme täze himiki birleşmeleriň emele gelmegine we bar bolan fazalaryň (ýygnaýan rekristallizasiýa) kristallaryň ulalmagy hasaplanýar.

Gaty jisimlerde struktura elementleriniň süýşmeginiň diffuzion prosesleri uly dürlülük bilen tapawutlanýar. Öz elementleriniň kristalliki gözenekde süýşmegine – öz-özünde diffuziýa (самодиффизия) we keseki ionlaryň atomlaryň ýa-da molekulalaryň süýşmegi- geterodiffuziýa ýaly görnüşleri bar. Bölejikleriň süýşmek prosesiniň ugruna baglylykda görümleýin diffuziýa (gözenegiň çuňlygynda) üst meýdan diffuziýasy (däneleriň daşkyüst maýdany boýunça) we

kristallaryň gyrasynyň ugry we şikesleriň diffuziýasy (jisimleriň “içki üst meýdany” boýunça) bolýar. Aýry komponentleriň (kalsiý okisiniň kislotaly okisleri bilen reaksiýalar boýunça gaty fazadaky özara täsirleşme tizligi bir giden faktorlar bilen şertlenýär. Reaksiýa:

a) Temperatura näçe ýokary we örän köp wagtlap onda material saklansa;

b) reaksiýanyň temperaturasynda (dargamagyň ýa-da polimorfizmiň hasabyna) reagirlenýän maddalaryň kristal görnüşli gözenegi örän tozgalanan;

w) komponentler örän ownuk üwelende şonça-da çalt geçýär.

Gaty ýagdaýda reaksiýalaryň kinetikasy reaksiýanyň önüminiň gatlagynyň içinden garyndynyň in işjeň “artýan” komponentiniň diffuziýa tizligi bilen kesgitlenýär.

Gaty ýagdaýdaky reaksiýanyň uly bölegi köp basgançakly bolýar, CaO-SiO_2 sistemada minerallaryň sintez prosesi yzygiderli $\text{C}_2\text{S} \rightarrow \text{CS}$ $\text{C}_3\text{S}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{S}$ hatar bilen amala aşyrylýar. Bu ýagdaý bir kinetiki deňleme bilen ähli köpbasgançakly prosesiň teswirlenmegini kynlaşdyrýar. Elbetde, reaksiýanyň kinetikasy prosesiň aýry tapgyrlarynda üýtgäp durmaly. Bu sebäpli barlagçylar örän ýönekeý sistemalar üçin diňe gaty jisimleriň özara täsirleşme prosesleriniň çylşyrymly sistemalarda bolsa diňe aýry tapgyrlaryň kinetiki deňlemelerini häzirlilikçe işläp düzýärler. Mysal hökmünde prosesiň hakyky häsiýetini ýeterlikli takyklyk bilen görkezýän N.A Toropow, A.M Gistling we I.G. Luginina tarapyndan çykarylan 1250^0 -da iki kalsiý silikatynyň emele getirmek reaksiýasynyň kinetiki deňlemesini getirmek mümkin:

$$\frac{dg}{dt} = k(1 - g)^{2/3}$$

bu ýerde:

g- reagirlleşýän maddalaryň öwürüliş derejesi;

T- prosesiň bolup geçýän wagty;

k- materialyň häsiýetine bagly konstanta.

W.F. Furawlew tarapyndan tekliplenen C_3A emele getirmek ýagdaýy üçin hem empiriki deňleme bar. Toýunly minerallaryň düzümine girýän alýuminiý oksidleri özara kalsiý oksidi bilen $800-900^0$ temperaturada reaksiýalar boýunça gaty ýagdaýda täsirleşende bir kalsiýli alýuminat $CaO \cdot Al_2O_3$ emele gelip, ol temperaturanyň ýokarlanmagy bilen soňundan $5CaO \cdot 3Al_2O_3$ we $3CaO \cdot Al_2O_3$ çenli doýgunlaşýar.

Demir oksidli CaO bilen reagirleşip $500-600^0$ C temperaturada eýýäm bir kalsiýli ferritiň $CaO \cdot Fe_2O_3$ kabit mukdarynyň emele gelmegine getirýär.

Owňuk üwelen hek daşynyň we kwarsyň esasyndaky garyndylarda kalsiý silikatyny emele getirýän reaksiýalary örän pes 600^0 çenli temperatura bilen başlanýar, ýöne olar $800-900^0$ çenli örän pes tizlik geçýär. Bu sistemada ($CaO-SiO_2$) birinji nobatda emele gelýän birleşmeleriň düzümi baradaky jedelli sorag bolup durýar. Bir maglumat boýunça ilkinji faza hökmünde α ýa-da β formaly C_2S , beýleki maglumatlara görä bolsa C_3S_2 diýilýär. Bir kalsiýli silikat iki kalsiýli silikat we kremnezýomyň ikilenji reaksiýasy netijesinde emele gelýär. Üç kalsiýli silikat gaty ýagdaýyndaky reaksiýalar boýunça örän haýal emele gelýär. Onuň sintezi hat-da $1400-1500^0$ temperaturada hem kynçylykly bolýar, $1250-1300^0$ temperaturada bolsa käwagt bu mineralyň diňe erbet düzülen owňuk kristaljyklaryny görmek bolýar. Klinkerdäki alitiň esasy mukdary ergin bolanda emele gelýär. Toýun we hek daşy esasynda taýýarlanan portlandsementli çig mal garyndysy ýakylanda gaty ýagdaýyndaky reaksiýa arassa iki komponentli garyndynyň ýakylmasyndan birnäçe esse çalt geçýär, we mineral emele gelende temperaturanyň peselmegini görmek bolýar.

Gaty ýagdaýda reaksiýalar boýunça minerallaryň emele gelmeginiň yzygiderliligi real garyndylarda takmynan şular ýaly: $800-900^0$ pes temperaturalarda CA we CF emele gelýär,

900-1000⁰ temperaturalarda C_2S , C_2F , C_2A_3 we C_2AS gelenit emele gelmäge başlaýar 1100⁰ gelenit dargaýar, 1260⁰ temperatura interwalynda bolsa C_3A we C_4AF emele gelmegi tamamlanýar.

Käbir maddalar ($CaSO_4$, Fe_2SO_4 we başg.) bolanda C_3S emele gelmek temperaturasy peselýär, şonuň üçin käwagt 800-1000⁰ temperaturada C_3S käbir mukdarynyň emele gelýändigini görmek bolýar.

Hakyky çig mal garyndylarynda elmydama goşundylaryň (kükürt, fosfor, marganes, wanadiý, aşgar we ş.m) az we köp mukdary bolýar, ol bolsa däneleriň üst meýdanynda inçe örtük ýa-da erginiň aýratyn mikrodamja görnüşinde durnuksyz psewdoewtektiki suwuk fazasyny ýakylýan garyndylarda emele gelmegine getirýär. Bu uly bolmadyk mukdarda emele gelýän dürli düzümlü ilkinji suwuk fazalar gaty fazaly reaksiýalaryň çalt geçmegini üpjün edýär. Şlakly metallaryň şlaklaryny we ýeňil ereýän bor angidridiniň çig mal garyndysynyň düzümine goşmak boýunça geçirilýän tejribeleriň netijeleri mineral emele getirýän reaksiýalarda pes temperaturaly erginleriň polofitel täsirini tassyklaýar.

Pes temperaturada gazly fazanyň orny uly däl, sebäbi gaty jisimleriň bugarmak prosesleri we gaty jisimleriň gaz bilen özara täsirleşmegi uly bolmadyk göwrümde bolup geçýär. Ýöne ýokary temperaturada (1400-1500⁰) gazly fazanyň orny çalt artýar, sebäbi ol däneleriň arasyndaky reagirleýji komponentleriň massa geçirijiligini artdyrýar.

Şeýlelik bilen, 1250-1300⁰ temperatura çenli gyzdyrylan portlandsementli çig mal garyndylary gaty ýagdaýyndaky reaksiýalar boýunça emele gelen minerallaryň bir hataryndan (C_3A_3 , C_3A , C_2F , C_4AF , C_2S), we reagirleşmedik erkin hekden ybarat. Temperaturanyň 1300⁰ ýokary galmagy sistemada erginiň emele getirmegine geçirýär.

2.6. Gazlaryň we materialyň peçdäki hereketi

Gazlaryň süýşme tizligi peçiň uzynlygy boýunça onuň aýry uçastoklarynda dürli hili we 6-13 m/sek çäklerinde üýtgeýär. Pejiň üsti bilen gazlaryň süýşip gelmegine edilýän basyş sürtülme garşylygyndan, pejiň dürli zolaklaryndaky ýerli garşylykdan gazlaryň ýokary galmagyna bolan garşylykdan we peçden olaryň çykalgasynda gazlaryň tizliginiň döredilmegine edilýän gidrawliki garşylyklary ýeňip geçmäge harçlanýar. Gazlar has ýokary tizlik bilen pejiň okuna golaý süýşýär, iň kiçi tizlik bilen bolsa futerowka golaý gatlaklarynda hereket edýär. Bu zolaklaryň başlanýan ýerinde zolaklary giňeldilen peçlerde diwaryň gapdal ugry boýunça gaýdýan toklar emele gelýär. Pejiň başynda gazlaryň tizliginiň bölünme häsiýetine pejiň başjagazynyň konstruksiýasy we sowadyjynyň tipi örän täsir edýär, soňunda bolsa tozanly kameranyň ölçegi we konfigurasiýasy täsir edýär. Zynjyrlaryň asylymagy pejiň wertikal kesimi boýunça gazlaryň süýşme tizliginiň deňleşmegini üpjün edýär.

Futerowkanyň üst meýdanyna sürtülme güýçleri bilen saklanýan poroşok görnüşli çig mal garyndysy peç aýlananda tebigy gyşarylan burça golaýlaşýan gorizantal burç emele getirýän tekizlige onuň bölejikleri ýetýänçä ýokary galýar. Bu derejä ýetende materialyň bölejikleri material bilen emele getirilen tekizlik boýunça agyrlyk güýjiniň täsiri astynda togalanyp gaýdýar.

Haýsydyr bir nokatdan bölejigiň hereketlenip başlap, gaýtadan şolar ýaly ýagdaýa gelýän, ýöne şonda kesgitli aralyga öňe süýşen wagtyna hereketiň doly aýlanyşygy (sikli) diýilýär. Hereketlenmegiň bir aýlanşygynyň dowamynda ýakylýan çig malyň her bölejigi materialyň gatlagynyň üstinde bolýar we şoňa görä az wagtyň dowamynda diňe tüsseli gazlar bilen galtaşýar. Galan wagty bölejik materialyň gatlagynda ýerleşýär.

Bölejikleriň süýşmeginiň doly sikliniň (aýlanşygynyň) dowamlylygy we gatlagyň üstinde olaryň bolýan döwri we futerowka bilen galtaşmagy peji material bilen doldurulmak koeffisientine aýlawlaryň sanyna pejiň diametrine hem-de bölejikleriň ölçegine bagly.

Peç material bilen doly doldurylmada her bir aýry bölejik üçin ýakylýan şerti gowlaşýar, ýöne gazlaryň ýylylygy ulanmagy esasan iki sreadanyň uly bolmadyk üst meýdanynyň galtaşmagy netijesinde effektiwligi ýeterlikli bolmaýar. Peçlere artykmaç ýüklenende gowy gyzdyrylan önümi almak şertleri has çylşyrymlaşýar. Şonuň üçin peji optimal derejede material bilen dolduryp işlemeli, şonda gaz we gaty materialyň arasyndaky ýylylyk çalşygy maksimuma ýetýär. Işleniýän şertlerde peji material bilen doldurmagyň derejesi 10-20% barabar.

Pejiň uzynlygy boýunça poroşok görnüşli materialyň süýşmek häsiýeti bölejikleriň birmeňzeş ölçegli bolmadyklarynyň dürli tizlik bilen süýşmegine görä materialyň funksionirlenmegi, futerowkanyň üsti boýunça materialyň süýşmek ýagdaýy çylşyrymlaşýar. Peçde materialyň bolýan wagty pejiň ölçegine we agzalan faktorlara baglylykda 3 sagatdan 6 sagada çenli çäklerinde üýtgeýär.

Materialyň galan bölejikleri peçde ondan hem köp wagtlap saklanyp biler. Zynjyrlaryň we beýleki ýylylyk çalşygy gurluşlaryň hem-de çig mal garyndylarynda bolup geçýän fiziki-himiki prosesleriň pejiň dürli uçastoklarynda doldurylmak derejesi birmeňzeş däl. Taýýarlaýjy zolaklarda materialyň süýşmegi ýylylyk çalşygy gurluşlar bilen saklanýar. Dekarbonizasiýa zolagynda uly mukdarda bölünip çykýan CO₂ materialyň süýşme tizliginiň artmagyny üpjün edýär, suwuk fazanyň emele gelmegi we ownuk klinkerjikleriň ulalyp agregirlenip başlanmagy gaýtadan materialyň okly süýşmegini haýalladýar. Netijede köp faktorlaryň täsiri bilen aýlanýan peçlerde material tolkun görnüşinde süýşýär.

3. Gazyň we materialyň temperaturasy

3.1. Ýylylyk çalşygy

Aýlanýan peçleriň uzynlygy boýunça materialyň we gazyň temperaturasyny kesgitlemegiň uly kynçylyklary bar we şu wagta çenli ýeterlikli takyklyk bilen ýerine ýetirilmedi. Aýlanýan peçlerde materiala hem, gaz akyma hem gezekli-gezegine çümdürilen platina-platinarodiýer termoparalaryň kömegi bilen temperatura kesgitlenende dürli barlagçylar tarapyndan ylalaşylan netijeler alyndy.

Materialyň temperaturasynyň pejiň 40m uzynlygy boýunça takmynan 100^0 deň bolup galyp biraz üýtgeýär, gazlaryň temperaturasy biraz üýtgeýär, gazlaryň temperaturasy 800-den 250^0 çenli peselýär. Bu uçastokda ýylylyk çig malyň şlamyndan suwy aýyrmak bilen harçlanýar, ondan soň onuň temperaturasynyň örän intensiw ýokarlanmagyny görmek bolýar. Temperatura 900^0 ýetende kömürturşy kalsiýniň dekarbonizasiýasy çalt başlanýar, netijede materialyň temperaturasy örän az artýar. Soňra ekzotermiki reaksiýalaryň ösmeginiň hasabyna materialyň temperaturasy uly çaltlyk bilen $1200-1300^0$ çenli artýar we biraz haýal, $1400-1500^0$ çenli galýar. Gazyň we materialyň arasyndaky temperaturanyň iň az üýtgemeginiň bişýän zolakda ýeri bar. Galan ähli zolaklarda gazyň we temperaturanyň arasyndaky tapawut $400-600^0$ bolýar. Peçlerde gazyň maksimal temperaturasy $1700-1900^0$ çäklerinde bolýar. Gury usul bilen öndürilende gazyň temperaturasynyň has ýokary ähmiýeti bar.

Gaz akymyndan materiala we pejiň futerowkasyna ýylylygy geçirmek şöhle goýbermek we konweksiýa bilen amala aşyrylýar. Futerowkadan alynýan ýylylyk materialyň

açyk üst meýdanyna şöhle goýbermek bilen futerowka golaý materialyň gatlagyna bolsa ýylylyk geçirijilik bilen berilýär. Şonuň üçin materialyň bölejikleri futerowka ýa-da gatlagyň üst meýdanyna düşende diňe işjeň ýyladylmaga duçar edilýär. Peç material bilen doldurylma we onuň aýlanma tizliginiň derejesiniň optimal bahalarynda garyndynyň bölejikleriniň gaýtadan dökülmegi örän işjeňlik bilen amala aşyrylýar, bu bolsa gatlagyň galyňlygy boýunça temperaturanyň deň bölünmegini üpjün edýär. Ýylylygy geçirmegiň häsiýeti we geçirilýän ýylylyk mukdary aýlanýan peçleriň dürli zolaklarynda birmeňzeş däl. Bişirilýän zolakda gazdan materiala ýylylygyň geçirilmegi esasan, 80-90% şöhlelenmek ýoly bilen amala aşyrylýar we örän işjeň geçýär. Kalsinirlenýän, guradylýan we ýyladylýan zolaklarda konweksiýanyň kömegi bilen ýylylyk geçirilýär, şonuň üçin pejiň agzalan uçastoklarynda ýokary derejede ýylylyk çalşygyny saklamak üçin effektiv täsir edýän ýylylyk çalşyýy üst meýdany (ýylylyk çalşyjylar, zynjyrlar we ş.m) artmaly.

3.2. Ýakylanda materialyň özgermegi

Ýokarda seredilen klinkeriň materialynyň emele getirýän himiki reaksiýalary aýlanýan peçlerde gysga döwrüň içinde bolup geçýär we ýakylýan materialyň fiziki häsiýetleriniň üznüksiz üýtgemegi bilen bolup geçýär. Sowet alymy W.N.Ýunga tarapyndan işlenip düzülen ýakylma nazaryýetine laýyklykda aýlanýan peçler, ýakylýan materialyň dürli uçastoklarynda bolup geçýän prosesleriň häsiýetine görä aşakdaky alty temperatura zolagyna bölmek mümkin : bugartma (ýa-da guratma) zolagy, ýyladylýan, kalsinirlenýän, ekzotermiki zolak bişirilýän we sowadylýan zolaklary. Pejiň uzynlygynyň ýarysyndan köpüsini taýýarlaýjy zolak (bugardylýan we ýyladylýan) -50-60% tutýar; kalsinirleýän

zolak 20-23%; ekzotermiki reaksiýalaryň zolagy-5-7% bişme zolak-10-15% we sowadylýan zolak pejiň 2-4% tutýar.

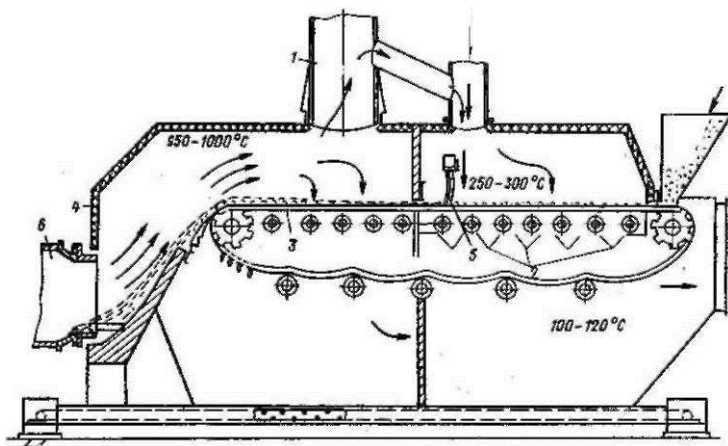
Gury usul bilen öndürmegiň öl usulynda aýlanýan peçlere 29-53% çyglylygy bolan çig mal garyndysy berilýär (şlam). Şlam guradylýan zolaga barýar zynjyrlara ýelmeşýär we işjeň guraýar. Şlamdan çyglylygyň aýrylmagy bilen, onuň süýgeşikligi artýar, ol bolsa materialyň tokgalanmagyna getirýär. Guradylan şlam zynjyrdan aýrylýar we dürli ululykdaky böleklenen we tozan görnüşinde zynjyrlý perdeden çykýar. Materiýalyň zynjyrlý zolakdan çykýan çyglylygy 8-10% pes bolmaly däl, sebäbi örän pes çyglylykda zynjyrlaryň ýanma howplylygy emele gelýär we tozanyň äkidilmegi artýar. Bugardylýan zolakda materiýalyň uzak wagtlap temperaturasy 70-80⁰, bu zolagyň ahyrynda materialyň temperaturasy 200⁰ çenli artýar.

Temperatura 200⁰ çenli ýokarlananda toýunyň plastiki häsiýetleri dargaýar we materiýalyň tokgalan uly bölekleri togalananda örän ownuk döwürlere bölünýär.

Gyzdyrylýan zolakda (200-650⁰) çig mal garyndysy mineralyň biriniň dargamak we beýlekisiniň sintez himiki reaksiýalarynyň geçmegi başlanýar. 450-500⁰ temperaturada toýunly materiýallardan kristallohimiki suwuň uly bölegi aýrylýar, bu bolsa toýunyň maýyşgaklygynyň ýitmegine getirýär. Toýunly minerallaryň kristallarynyň dargamagy we şlamyň tokgalaryň berkliginiň peselmegi bilen toýunyň maýyşgaklygynyň ýitmegi bilelikde bolup geçmeýär. Munuň sebäbi hemişelik düzümi bolmadyk metadurnukly kompleks önümleriniň emele gelmegi bilen birlikde çig mal garyndysynyň okisleriniň özara täsirleşip başlaýan prosesi bolýar. Çig malyň garyndysynyň bar bolan derejesinde özara täsirleşýän güýçleriň emele gelmegini ikinji derejeli komponentleri (K, Na, P, V we ş.m) hem-de toýunly maddalaryň bir bölegi dargan kristaljagazlarynyň işjeň energetiki deňagramlaşmaýan üst meýdany üpjün edýär. Ýöne

düwürleriň 30-70 kg/sm² berkliginiň saklanmagyna garamazdan olaryň köpüsi uzak wagtlap materialyň, futerowkanyň we ýylylyk çalşyýjy gurluşyň gatlagy tarapyndan güýçli garşylyk görkezmäge ukyply bolman, 1-3 mm we ondan hem kiçi bölejiklere çaltlyk bilen dargayar.

Kalsinirlenýän zolakda ýakylýan materialyň temperaturasy 900-1200⁰ çenli galýar, magniý we kalsiý kömürturşy duzlarynyň dissosiýasy prosesi tamamlanýar, netijede bolsa materialda kalsiýniň erkin okisiniň uly mukdary emele gelýär. Toýunly minerallar temperaturanyň bu interwalynda termiki taýdan okislere dargadylýar. Bölünip çykan örän inçe dispers ýagdaýdaky kalsiý, kremniý, demir we alýuminiý okisleri pes esasy birleşmeler emele getirip biri-biri bilen özara täsirleşmäge başlaýar.



Surat 6. Konweýerli kalsinatoryň shemasy

1-ýakylma turbasy, 2-gaz zaslonkasy, 3-konweýer, 4-oda çydamly kerpiç bilen futirlenen gabyk (kožuh), 5-razryhlitel, 6-aýlanýan peç.

700-900⁰ temperaturada saýlanyp alnan materiallaryň seçgisinde mineralogiki düzümini örän kynlyk bilen anyklap bolýan örän ownuk däneli täze emele getirmäni mikroskop astynda görmek bolýar. Täze emele gelen düzümi temperatura ýokary galanda $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ýaly identifikirlmek mümkin. Okisleriň arasyndaky özara täsirleşme hadysady, ereýän SiO_2 , Al_2O_3 we F_2O_3 ýakylanda ýitgileri materialda erkin hekiň kesgitlenen netijesi boýunça gatlaklaýyn kesgitlenýär. Kuýbyçew sement zawodynyň 5/4,5 X135 m pejinde geçirilen synaglar, 400-500⁰ temperatura ýetende material ýakylanda ýitgileriň ululygynyň azalyp baryanlygyny görkezýär, ondan ýokary temperatura galanda bolsa ýakylanda ýitgileriň azalmagy örän işjeň bolup geçýär. Şonda materialda 900-1000⁰ çenli temperaturada kalsiý okisiniň erkin ýagdaýy ýüze çykmaýar. Bu bolsa 900-1000⁰ temperatura çenli kalsiý okisiniň kremnezýom, demriň we alýuminiýiň okisleri bilen baglaşmak prosesi CaCO_3 dargamak prosesinden uly tizlik bilen geçýär. Peç kadaly reňimde işlände kalsiýiň erkin okisi takmynan kalsirlenýän zolagyň ortalarynda emele gelýär we bu zolagyň ahyrynda bolsa maksimal derejä ýetýär. 1000-1200⁰ temperaturada CaCO_3 dissosiýasiýasy ýokary tizlik bilen bolup geçýär we materialda kalsiý okisiniň erkin mukdary 30-35% çenli artýar. Hek daşynyň dargamak we kalsiý okisi bilen birleşmede baglaşmak prosesleriniň geçmek derejesi şlamyň çig mal komponentleriniň tipine we olaryň üwelmeginiň ownuklygyna bagly. Tebigy mergel ýakylanda, meselem, karbonat kalsiý we toýunly düzümler örän ownuk bir-biri bilen gowy garyşýar.

Kalsinirlenýän zolakda gaty fazaly sintez prosesinde ösmek netijesinde hemme poroşok görnüşli materialyň klinkeriň uly dänä öwrülmegine temperaturanyň mundan beýläk ýokarlanmagyna getirýän garyndynyň bölejikleriniň kem-kemden ulalmak prosesi başlanýar. Şonuň bilen bir hatarda CaCO_3 dekarbonizasiýasy netijesinde materialyň

döwürlerinde öýjüklilik artýar, bu bolsa minerallaryň sintez prosesini we olaryň kristallizasiýa prosesleri gowşaýar.

C_3A , C_4AF we C_2S ýaly minerallaryň emele gelýän çäklerinde ekzotermiki reaksiýalaryň zolagynda mineralyň gaty fazaly bişmek prosesi tamamlanýar. Bu zolagyň çäklerinde materialda boş hekiň mukdary birden azalýar, ýakylandaky ýitgileriniň ululygy nula barabar bolýar. SiO_2 bilen bagly mukdary öz maksimumyna golaýlaşýar. Zolakdaky material köp derejede 2-10 mm ölçegli düwürlere agregirlenýär. Fe_2O_3 birleşmä baglanyşmagy netijesinde materialyň reňki açyk meleden açyk goňura geçýär. Ähli täze emele gelmeleri mikroskop astynda 0,5-10 mk ölçegli kristalýyklar görnüşinde görmek bolýar. Hekiň kislotalar bilen baglaşmagy soňkynyň däneleriniň üst meýdanynda başlaýar we soňundan içki gatlaklara ýaýraýar. Bu sebäpli birinji tapgyrda klinker minerallarynyň kislota okisleriniň iri bölejikleriniň daşynda goýma görnüşinde ýerleşýär ýa-da çig malda doly reagirlenmedik özbaşdak agregatjyklary emele getirýär.

Ekzotermiki reaksiýalaryň zolagyny peçde ýerleşmegi kalsinirlenýän we ekzotermiki zolaklarynyň aralygyndaky araçäkde görünýän ýagtylyk effekti boýunça örän aňsat oturdylýar. Kalsinirlenýän zolakda mineralyň temperaturasy az üýtgeýär, ol $CaCO_3$ dargamagyna ýylylygyň üznüksiz harçlanmagy netijesinde bolýar, ekzotermiki reaksiýalaryň zolagynda pejiň 3-4 m uzynlygynyň ugrynda materialyň 200-300⁰ çalt çalt gyzmagy bolup geçýär. Temperaturanyň artmagy bilen materialyň ýagtylygy çykarmagy has artýar we netijede iki zolagyň araçäginde materialy şertli “gara” we “açyk” edip bolýan araçäk ýagtylyk kontrasty emele gelýär. Kontrastyň güýçlenmegine ekzotermiki reaksiýalaryň zolagynda gazlaryň temperaturanyň üýtgemän galýan kalsinirlenme zolagynda bolsa has peselýän fakty üpjün edýär. Eger-de alaw söndürilse, ýagtylyk kontrasty gowşaýar we ähli material şöhlelenmegiň

ijeňligine baglylykda bişirilýän zolakdan ýuwaşlyk bilen aýrylmagyna görä ýakylan bolýar.

1300-1450-1300⁰ çäklendirilen temperaturada bişirilýän zolakda materialyň eremeği bolup geçýär. Klinkeriň suwuk fazasynyň düzümine klinker minerallary C_3A , C_3A_3 , C_2F , C_4AF , MgO we çig mal garyndysynyň ýeňil ereýän ähli garyndylary geçýär; gaty ýagdaýda C_2S we CaO galýarlar. Ýakylýan dürli temperaturalarda (1400-1500⁰) dürli minerologiki düzümlü çig mal garyndylarynda emele gelýän suwuň fazanyň mukdary 15-35% çäklerinde üýtgeýär. Minerallaryň eremeği däneleriň üst meýdanynyň gatlagynda başlaýar, soňra kem-kemden olaryň ortasyna tarap ýaýraýar. Şonda material üznüksiz hereketde bolýar.

Klinkeriň düwürleriniň emele gelýän mehanizmi ýönekeý däl. Bişirilýän zolaga 0,1-den 30 mm çenli çäklerinde üýtgeýän ululykly bölejikleri bolan material barýar. Ondan başga-da, aýry bölejikleri dürli öýjüklilik bilen häsiýetlendirilýär we şoňa görä-de gaty fazaly sintez prosesleriniň bir meňzeş derejede tamamlanýanlygy hem häsiýetlendirilýär. Materialyň iri düwürlerine olaryň üst meýdanynda erginiň damjalarynyň ýeterlikli birmeňzeş merkezi däneli konglomerat emele getirip çig mal garyndysynyň örän ownuk bölejiklere gatlaklanmagy başlanýar. Munuň bilen baglylykda materialyň ownuk düwürleri dürli ululykdaky öýjüklü polidäneli agregatlary emele getirip , bir-biri ýelmeşmegi mümkin. Mehaniki dykyzlanma prosesinde togalananda agregat kem-kemden tegelek forma eýe bolýar. Klinkeriň emele gelen dänesinde onuň haýsy kiçijik döwür esasynda emele gelendigini bölüp aýrmak mümkin. Düwürler klinkeriň diňe boşluklar bilen kesilýän dänesiniň üznüksiz strukturasyny emele getirýär.

Eger netijede gerekinden artyk ýokary temperaturada ýakylanda ýa-da erginiň uly mukdary (40% ýokary) ýakylýan massada erginiň-minerallaryň ýokary derejede saklananda klinkeriň “gaýnamak” hadysasyny ýagny bişýän massada uly

tokgalaryň emele gelmegini görmek bolýar. Bular ýaly iri tokgalary gyzdyrmak kyn.netijede olaryň arasynda, onuň üst meýdanynyň gatlagynda ýokary hilli klinker bolmagyna garamazdan reagirlenmedik massanyň galmagy mümkin.

Bişirilýän zolakda klinkeriň esasy mineralyň-alitiň emele gelmegi bolup geçýär. Alitiň emele gelmegi esasan erginde amala aşýar, ýöne alitiň käbir bölegi reaksiýa gaty ýagdaýda geçende emele gelýär. Tejribelik şetlerinde alitiň emele gelmek prosesi aýlanýan peçleriň bişirilýän zolagynda material 15-20 min saklananda ýakylmak bilen tamamlanýar.

Ýakylma prosesi dogry geçirilende ergin – minerallaryň ýokary derejede saklanmagy bilen pes koeffisiýentli klinkerler aňsat bişýär. Ýöne garyndyda erginiň mukdarynyň has köp bolmagy klinkeriň gaýnamagyna getirýär. Erginiň düzümi pes bolanda klinker gowy bişmeýär. Kynlyk bilen bişýän garyndydan kadaly hilli klinker almak üçin ýakma temperaturasyny ýokarlatmaly. Ol futerowkanyň çydamlylygynyň peselmegine, klinkeriň ýakylmagyna ýylylygyň udel harçlanylyşynyň artmagyna we pejiň öndürijiliginiň azalmagyna getirýär. Garyndynyň doýgunlaşma koeffisiýentiniň artyk bolmagy olaryň ýakylma şertlerini ýaramazlaşdyrýar.

Iň soňky zolak- sowadylýan zolakda – klinkeriň temperaturasy 1300-den 1100-1000⁰ çenli ýuwaşlyk bilen peselýär. Şonda klinkeriň suwuk fazasy C_3A , C_4AF , C_2S , MgO minerallary we C_3S az mukdarda bölip çykarýar, onuň bir bölegi bolsa aýna görnüşli faza görnüşinde gataýar. Şonda klinkeriň dänelerinde aýratyn üýtgeşmeler bolup geçmeýär. Diňe örän ýuwaşlyk bilen sowadylanda we esasan ýokary belitli klinkerlerde β - C_2S -I \nrightarrow - C_2S öwürmek netijesinde olaryň poroşoga pytrama hadysasyny görmek bolýar.

3.3. Aýlanýan peçleriň ýylylyk balansy

Nazary taýdan 1 kg klinkeriň emele gelmegi üçin takmynan 430 kkal ýeterlik; tejribelikde bolsa dürli ýitgileriň netijesinde ýylylyk 3-4 esse köp harçlanýar. Aşakda G.Gigi tarapyndan düzlen , aýlanýan peçleriň ýylylyk balansy berilýär.

Peç öl usul boýunça şlamyň çyglylygy 34% bolanda işleýär. Pejiň öndürijiligi 8,5 t/s. ýangyjyň (kömrüň) harçlanyşy 7645 kkal/kg ýylylyk bermäge ukyply bolanda 1 kg klinkere - 0,184 kg. Alnyp gidilýän tozanyň mukdary kömüriň külüniň goşundysy bilen doly kompensirlenýär. 1 kg gury çig mala klinkeriň harçlanyşy -1,57 kg, howanyň harçlanyşy- 1,63 nm³/kg klinker bolmaly. Kömür doly ýakylanda çykýan gazlaryň mukdary klinkeriň 1,68 nm³/kg bolýar. Şlamda suwuň mukdary 0,81 kg ýa-da klinkeriň $0,81 \cdot 22,4/18 = 1,008$ nm³/kg. Kaolinitde suwuň mukdary 0,022 kg ýa-da klinkeriň 0,273 nm³/kg. Çykýan gazlaryň ortaça temperaturasy 226⁰.

Pejiň korpusynyň we sowadyjynyň üsti bilen ýylylyk ýitgileri şöhlelenmek we konweksiýa bilen eksperimental taýdan kesgitlenýär we klinkeriň 224,2 kkal/kg barabar diýlip kabul edilýär.

Ýylylygyň alnan udel harçlanmagy hemişelik ululyk däl, ol hatda bir tipli aýlanýan peçlerde çig malyň reaksiýa ukyplylygyna, ýakylma reňimine we başg. şertlere baglylykda dürli çäklerde üýtgeýär. Meselem, uzynlygy 100-185m peçlerde öl usul bilen klinker öndürilende ýylylygyň udel harçlanmagy 1300-1600 kkal/kg çäklerinde üýtgäp durýar. Ýylylygyň udel harçlanmagy köp derejede ýylylyk çalşygy gurluşlardan çykýan gazlaryň ýylylygy ulanylanda peselýär.

Pejiň öndürijiligi: Pejiň öndürijiligi aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$G = \frac{kH \Delta t}{q}$$

Bu ýerde:

G-pejiň öndürijiligi, kg/sag

H-futerowkanyň zynjyrlaryň we oturdulan ýylylyk çalşyjylaryň işçi üst maýdanlaryndan düzülen, pejiň ýylylyk geçiriji üst meýdany m²

k-30-32 kkal/m².s.grad. barabar ýylylyk geçirijiniň ortaça koeffisiýenti;

Δt -gazlaryň we ýakylýan materialyň temperaturalarynyň ortaça tapawudy;

Q- klinkeriň ýakylmagyna ýylylygyň udel harçlanmagy, kkal/kg;

Şoňa baglylykda, pejiň öndürijiligine bir hatar faktorlar täsir edýär. Birinjiden, ähli faktorlar-çig malyň düzümi we strukturasy, onuň çyglylygy we reaksiýa ukyplylygy ýakylma şertleri we başg. Klinkeri ýakmak üçin ýylylygyň udel harçlanmagynyň üýtgemegine getirýär. Ikinjiden pejiň öndürijiligi eger-de, materialyň gaz bilen galtaşýan üst meýdany ulalsa artýar, gaz akymynyň süýşme tizligi köpeliýär, ýangyç howanyň minimal artykmaçlygy bilen geçirilýär, ýagny K we Δt bahalaryny artdyrmak üçin şertler döredilýär.

Pejiň öndürijiligini kesgitlemek üçin başga formulalar hem, meselem, A.S.Panteleýewiň deňlemesi bar:

$$G = \frac{2,726 D^2 w_g * C_p (t_{bx} - t_{yx})}{b Q_d + Q}$$

Bu ýerde:

D-pejiň diametri, m;

W_g- peçde gazyň süýşme tizligi, m/sek;

G-gazlaryň göwrümleýin ýylylyk sygymy, kkal/nm³. gradus.

T_{bx} -dekarbonizasiýa zolagynyň başynda gazlaryň temperaturasy, gradus.

T_{yx} - dekarbonizasiýa zolagynyň soňunda gazlaryň temperaturasy, gradus.

Q_d - $CaCO_3$ -dissosiýasiýa ýylylygy, kkal/kg;

b- $CaCO_3$ udel harçlanmagy, klinkeriň kg/kg;

Q-daşky sreda gidýän ýylylyk ýitgileri, klinkeriň kkal/kg.

Aýlanýan peçleriň öndürjiligi giň çäkli bolup, ol usul bilen öndürilende olaryň iň kuwwatlysy 1800-2000 t/g (75-85 t/s) ýetýär.

Peçleriň işleýşiniň effektiwligi futerowkasynyň içki üst meýdany $1m^3$ klinkeriň sagatlaýyn çykymy ($kg/m^3.sag$) bolup durýan olaryň udel öndürjiligi bilen häsiýetlendirilýär. Ýokarda sanalyp geçilen faktorlara baglylykda aýlanýan pesleriň udel öndürjiligi ol usul bilen öndürilende 16-24 $kg/m^3.sag$. bolýar.

Aýlanýan peçleriň beýleki wajyp görkezijilerine onuň ýylylyk kuwwaty we ýanýan zolagyň ýylylyk naprýaženiýesi degişli.

Pejiň ýylylyk kuwwaty diýip ýangyç wagt birliginde ýananda bölünip çykýan ýylylygyň mukdaryna aýdylýar. Bu ululygy formula boýunça

$$Q_0 = (0006q) \text{ kesgitlemek bolýar.}$$

Bu ýerde

Q- pejiň ýylylyk kuwwaty, kkal/sag;

G- pejiň öndürjiligi, T/sag;

q- klinkeriň ýakylmagyna ýylylygyň udel harçlanylyşy, kkal/kg;

Pejiň ýanma zolagynyň ýylylyk naprýaženiýesi diýip, bu zolakda göwrümleýin birliginde wagt birliginde bölünip çykarylýan ýylylyk mukdaryna aýdylýar.

Ýylylyk naprýaŋeniýesiniň ululygy formula boýunça kesgitlenýär:

$$Q_g = \frac{Q_0}{0,785 D_g^2 l_g}$$

Bu ýerde:

Q_r - ýanma zolagynyň ýylylyk naprýaŋeniýesi, kkal(m^3 .sag;)

Q_0 - pejiň ýylylyk kuwwaty, kkal/sag;

D_r - ýanma zolagynyň içki diametri, m;

l_g - ýanma zolagynyň uzynlygy, m;

Kadaly iş şertlerinde aýlanýan peçleriň ýanma zolagynyň ýylylyk naprýaŋeniýesi takmynan 300.000 kkal/ m^3 .sag bolýar.

3.4. Portlandsementiň gatamagy

Birleşmeleriň düzümi we olaryň gidraksion gatamagyna bolan ukyplylygynyň arasyndaky baglanyşyk.

Sement klinkerine girýän birleşmeleriň häsiýetli aýratynlygy olaryň suw bilen reaksiýa girip diňe täze emele getirmeleriň (kogeziýa) aýry bölejikleriň arasynda bolýar eýsem olar bilen gatnaşýan: kerpiç, daş, polat, çägäniň dānesi, grawi we sebeniň dānesi we ş.m. ýaly jisimleriň olar bilen gatnaşýan üst meýdanlary (adgeziýa) bilen seplesýän ýeterlikli güýjüň bolmagy şullar ýaly strukturalary döretmäge ukyply bolup durýar. Netijede belli bir wagt aralygy geçmegi bilen ýokary birlige eýe bolan monolit jisim emele gelýär.

Uzak wagtlap kalsiýniň silikatynda alýuminatynda we ferritlerinde süýgeşiklik häsiýetleriniň bolmagy diňe bu birleşmelerine mahsus ýörite aýratynlyk ýoly seredildi 1937ý W.A. Kind we W.F.Žurawlew süýgeşik (sementleýji häsiýetler düzümi we gurluşy kalsiniň silikatlary we alýuminatlary bilen laýyk gelýän himiki birleşmeleriň giň toparyna mahsus

bolmaly meselem gormonatly, stannatly, titanly we magganatly kalsiý meñzeş bolmaly.

Ondan başga-da D.I. Mendeleyewiň periodik kanunyndan ugur alyp Žurawlew W.F. süýgeşik häsiýetler diňe sanalyp geçilen kalsiý birleşmelerinden bolman jübüt hatardan duran periodik sistemanyň ikinji toparynyň meñzeş birleşmeleriň berilliý we bariý birleşmelerinde hem görünmeli. Tersine, ikinji hataryň täk hatarynda ýerleşen elementleriň (magniý, sink we kadmiý) birleşmeleriň süýgeşiklik häsiýetli bolmaly däl.

Žurawlew W.F. geçiren uly eksperimental işi ol tarapdan tekliplenen ýagdaýy diňe berilliý birleşmelerinde süýgeşik häsiýetleriň ýoklugy tassyklandy.

W.F.Žurawlew aradan çykandan bu barlaglar Lenowetiň adyny göterýän Leningradyň tehnologiýa institutynyň süýgeşik maddalar kafedrasynyň işgärleri dowam etdiler. Netijede umumy görnüşde görkezilen.

Ahli öwrenilen $\text{MeO-R}_2\text{O}_3$ we MeO-RO , (hem-de $\text{MeO-P}_2\text{O}_5$) tipli sistemalary 2 topara bölmek bolýar: 1) Me, Ca, Sr we Ba görnüşinde görkezilen sistemalar; 2) Me, Be, Mg, Zn, we Ca görnüşde görkezilen sistemalar. Gidraksion gatamaga ukyply birleşmeler emele gelmegi we süýgeşiklik häsiýetiniň ýüze çykmagy diňe 1-nji toparyň sistemasynda mümkin bolýar, ýöne bu ýerde süýgeşiklik häsiýetleri bolmadyk (kalsiý, stronsiý we bariý pes esasly silikatlar, stannatlar we titanatlar) birleşmeleri düş gelýär. Listewanyň 2-nji toparynda emele gelýän birleşmeler gidraksion gatamaga ukyply bolmaýar. Soňra bolsa emele gelen CaO , SrO we BaO –nyň GeO_2 , SnO_2 we TiO_2 birleşmeleriň süýgeşiklik häsiýetiniň ýüze çykmagy anyklandy, olar degişli silikatlaryň analoglary okisiň CrO_2 birleşmegi we Mn_2O_3 -degişli alýuminat we ferritleriň birleşmesi bolup durýar. Görkezilen birleşmeleriň gidratlaşmak ukyplylygy ilki bilen olaryň kristallki strukturasynyň aýratynlyklary bilen düşündirilýär. Oňa

süýgeşme häsiýetleriň diňe ionlaryň effektiw radiusynyň 1,03Å ýokary bolan ikinji toparyň metallarynda emele gelýär. Aýdylanlara ionlara A-da ionyň radiusynyň artýan tertibinde ýerleşdirip ynanmak bolýar:

Süýgeşik häsiýetleri ýok				Süýgeşik häsiýetleri bar		
Bc	Mg	Zn	Cd	Ca	Sr	Ba
0,34	0,78	0,83	1,03	1,06	1,27	1,43

3.5. Portlandsement gatandaky himiki prosesler

Portlandsement beýleki gidrawliki süýgeşik maddalar ýaly suw bilen täsirleşende, suwly kalsiý silikatlaryň alýuminatlaryny, ferritleri, gidrogranatlary, şolar ýaly-da sulfoalýuminatlary we sulfoferritleri emele getirmek bilen gataýar. Emele gelýän birleşmeleriň düzümi köp faktorlara:

gidratlaşýan minerallaryň düzümine, gatamaga temperaturasyna, gaty we suwuk fazalaryň arasyndaky gatnaşyga we ş.m. bagly .

Emeli sement daşy gatanda alynýan tehniki häsiýetleri onuň faza düzümine güýçli bagly. Faza düzümini üýtgedip, gurluşyk garyndylary we betonlar taýýarlananda gerekli ugur boýunça olary gowulandyryp sement daşynyň häsiýetlerine degişli derejede täsir etmek mümkin.

Kalsiý gidrosilikatlary. Häzirki döwürde dürli düzümlü we strukturaly kalsiý gidrosilikatlaryň uly mukdary belli. Olaryň käbiri diňe tebigatda duş gelýär, käbirleri diňe emeli ýol bilen, üçünjileri bolsa hem tebigatda bolýar, hem-de emeli ýol bilen almak bolýar. Bu gidrosilikatlar bir-birinden mikroskop, termograf we rentgenograf häsiýetleri bilen tapawutlanýar.

Kalsiý gidrosilikatlary öwrenilýän prosesinde dürli barlagçylar öz alan önümlerini birmeňzeş belgilemediler.

CaO-SiO₂-H₂O sistema öwrenilende barlaglaryň netijeleri köplenç gaty fazada. CaO-nyň SiO₂ bolan molekulýar gatnaşygyny bir oka goýup, beýlekisini bolsa erginde CaO konsentrasiýasyny goýup görkezýärler.

Kalsiý silikatynyň gidratasiýasy. Geçirilen tejribeler C₃S we C₂S dürli konsentrasiýaly hek erginlerinde gidrotasiýasy kremnezýom bilen tejribe geçirilende alnan, deňýanly çyzyga laýyk gelýän sistemanyň şular ýaly ýagdaýa alyp barýandygyny görkezýär şeýlelik bilen, C₃S gidrotasiýanyň önümi ergindäki hekiň konsentrasiýasyna baglylykda şular ýaly düzüminiň bolmagy mümkin:

1) CaO/l 0,08 az konsentrasiýaly bolanda kremnegeliň bölünip çykmagy we Ca(OH)₂ ergine geçmegi bilen C₂S doly dargamagyny görmek bolýar:

2) CaO/l 0,08-1,12 l konsentrasiýalarynda CSH(B) seriýaly kalsiý gidrosilikatlary emele gelýär, onuň düzüminde H₂O (0,8-1,5) CaO (0,5-2,5) çäklerinde bolýar.

3) Üç kalsiýli silikat doýgunlaşan we beter doýgunlaşan erginleriň gidrotasiýasynda C₂SH₂ gidrosilikat we kalsiý okisiniň gidraty gaty fazada emele gelýär.

4) Az mukdarly suw bilen (hamyrda) C₃S gatanda, köp barlagçylaryň pikirine görä özara täsirleşmegi 1-nji tapgyrynda C₂SH₂ emele gelýär; wagtyň geçmegi bilen ol CSH (B) geçýär; Ca(OH)₂ ikinji gaty tozany emele getirýär.

Iki kalsiýli silikatnyň gidrotasiýa önümleriniň düzümi hem suwuk fazadaky hekiň konsentrasiýasyna bagly. Artykmaç suwda C₂S gidratlaşanda Ca(OH)₂ ergine geçmegi we CSH (B) seriýaly kalsiý gidrosilikatlarynyň gaty fazasyna çykmak bilen görmek bolýar. Kalsiý alýuminatlaryň gidratsiýasy.

Kalsiý alýuminatlaryň gidrotasiýasy. Kalsiý alýumionatlaryň hemmesi gaty faza Ca(OH)₂ bölünmän gidratlaşýar. Şonda alynýan kalsiý gidroalýuminatlary gidrosilikatlardan tapawutlanýar kristallaryň emele gelmegi ukyplylygy gowy görünýär.

$\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ sistemany öwrenmek 21-90gr. Temperatura interwalynda kalsiýniň gidrat okisi Ca(OH)_2 we CaO 0,33g. Ýokary hekiň konsentrasiýasynda gaty faza bölünip çykýan $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Kublý üç kalsiýli alýuminat $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ gipsitiň ýeketäk durnukly faza bolup durýanlygyny görkezdi. Bu sistemada iki we dört kalsiýli alýuminatlar durnuksyz birleşmeler ýaly ýüze çykaryldy C_3A gidrotasiýa önümleriniň düzümi we olaryň kristallohimiki düzümi gidrotasiýa şertlerine güýçli bagly.

C_3A ownuk suw bilen garylanda we ekzotermiki ýylylyk çykarylanda bir barlagçylaryň pikirine görä gatanda $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ we $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ alýuminatlaryň geterogen ekwimolekulýar garyndysy bolup duran gektogonal gidroalýuminatlary emele gelýär.

W.A.Tihonowyň pikirine görä, şu şertlede C_4AH_{13} emele gelýär we alýuminiý gidrookisiniň geliniň degişli mukdary emele gelýär, ýagny şu deňleme boýunça proses geçýär $4(3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3)+42\text{H}_2\text{O}=3(4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O})+2\text{Al(OH)}_3$ 25^0 ýokary temperaturada geksonal gidroalýuminatlar durnukly bolmaýar we $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ durnukly kuba kem-kemden öwrülýär. C_3A awtoklawda işlemek şertlerinde kub görnüşli gidroalýuminaty berýär.

Erginde hekde ýokary konsentrasiýasy bolanda we ol gaty fazada bolanda kalsiniň plastinka görnüşli gidroalýuminatlary bu birleşmelerde izomorfizmiň netijesinde Ca(OH)_2 kristallaryň hasabyna ösmegi mümkin. Şeýlelik bilen, portlandsementde 3:1-den ýokary esasly gidroalýuminatyň emele gelmegi mümkin.

P.P. Budnikowyň we T.W.Krawçenkanyň maglumatlaryna görä ilki başda sement klinkerinde duş geliniň ikinji kalsiý alýuminaty $\text{C}_5\text{A}_3(\text{C}_{12}\text{A}_7)$ gidratlaşanda iňňeli we plastinka görnüşli kristallar $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ we alýuminiý gidrooksiniň geliniň degişli mukdary emele gelýär. Temperatura artanda kubiki gidroalýuminata geçiş bolup

geçýär. Şeýlelik bilen gidratlaşmak prosesi aýratyn alynan $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ nazary taýdan aşakdaky deňleme bilen görkezmek bolýar.

$3(5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3) + 42\text{H}_2\text{O} = 5(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{OH}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) + 8\text{Al}(\text{OH})_3$.
Portlandsementiň gatamak şertlerinde alýumininiň erkin gidrooksidi $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ bölünip çykýan hekiň süýşmegi netijesinde üç we dört kalsiýli gidroalýuminata öwrülýär.

Kalsiý alýumoferritleriň gidratlaşmagy. Gidratlaşan önümiň düzümi alynan dört kalsiýli alýumoferrit gidratlaşýan döwründe temperatura we suwuk fazada hekiň konsentrasiýalaryna bagly. Eger C_4AF gidratlaşanda $0-20^0$ temperaturada arassa suwuň artykmaçlygy bilen geçirilende demiriň okisi we geksoagonal dört kalsiýli gidroalýuminat alynýar. $20-25^0$ -da geksoagonal C_4A aq kem-kemden $\text{Ca}(\text{OH})_2$ degişli mukdarynyň tüşdülip alynmagy bilen kábiri C_3AH_6 öwrülýär.

C_4AF gidratlaşmagy $\text{Ca}(\text{OH})_2$ doýgun erginde pes temperaturada (0 gradusa golaý), D.Malkwory we W.Çirilliý maglumatlary boýunça $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Fe}_2\text{O}_3=1$ gatnaşygy bolan $4\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ gidroalýumoferrit kalsiý düzüminiň geksoagonal plastinalaryň emele gelmegine getirýär. Bu birleşme C_4AH_3 we C_4FH_{13} arasyndaky gaty erginler üzünsiz hatarynyň agzalaryndan biri bolup durýan C_4AF gidratlaşanda şol bir şertlerde otag temperaturasynda $20-25$ gradus geksoagonal gidroalýumnaferrit bilen C_3AH_6 - C_3FH_6 gaty erginleriň beýleki hatarynyň aralykdaky agzasy bolup durýan $\text{C}_3(\text{A}_1\text{F})\text{H}_6$ düzümünde kub görnüşli kalsiý gidroalýuminoferriti emele gelýär.

20 gradusdan ýokary temperaturada kubiki kristallar $\text{C}_3(\text{A}_1\text{F})\text{H}_6$ geksoagonal kristallardan $\text{C}_4(\text{A}_1\text{F})\text{H}_{13}$ örän çydamly sebäpli $\text{C}_4(\text{A}_1\text{F})\text{H}_{13}$ kem-kemden $\text{C}_3(\text{A}_1\text{F})\text{H}_6$ öwrilmegi bolup geçýär.

Beýleki kalsiý alýumoferritleriniň gidratlaşmagy C_4AF gidratlaşma ýaly bolup geçýär.

Beýleki klinker minerallaryň gidratlaşmagy. Sement klinkerini düzýän aýna görnüşli gidratlaşmak önimlerinde C_3AH_6 we C_3FH_6 arasyndaky ýaly häsiýeti bolan kritikal emele gelmeler tapyldy. Şeýlelik bilen klinker aýnasy gidratlaşanda $C_3(A_1F)H_6$ umumy formulasy gaty ergin berýär. Şolar ýaly-da H_2O toparyň silitsium O_2 izoamorf utgaşmagy bilen bu hatary örän çylşyrymly gaty erginlerini emele gelmegi mümkin. Şular ýaly birleşmeler $3CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot 3SiO_2$ andratif we $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ goşulýar- granatlar toparynyň tebigy minerallarynyň tipi boýunça gidrogranatlar adyny aldy.

Gidrogranatlaryň düzümi $3CaO(Al, Fe_2O_3 \cdot xSiO_2(6-2x)H_2O)$ umumy formula jogap berýär $Na_2O \cdot 8CaO \cdot 3Al_2O_3$ birleşmesi gidratlaşyp C_3A gidratlaryndaky alynýan täze emele gelmeleri berýär. Şonda aşgar ergine geçýär.

Silikatyň $K_2O \cdot 23CaO \cdot 12SiO_2$ düzümi suw bilen reaksiýalaşanda ergine geçýän aşgary hem aýyrýar. Gaty faza C_3S we C_2S gidratlaşanda emele gelýän gidrosilikata meňzeş. Erkin CaO we MgO gidratlaşyp $Ca(OH)_2$ we $Mg(OH)_2$ emele getirýär. Prosesler ýuwaşlyk bilen geçýär we erkin CaO we MgO ýokary derejede saklanmagy sementiň göwrüminiň deň bolmazlygynyň sebäbi bolup durýar.

Kalsiý gidrosulfoaminatlaryň we gidrosulfoferritleriň emele gelmegi. Portlandsementiň hökmany komponenti üwelende klinkere goşulýan gips. Sement gatanda gips ergine geçýär we kalsiý gidrosulfoalýuminatyň emele gelmegi bilen ereýän üçkalsili alýuminat bilen reagirleşýär. Bu birleşmeleriň iki formasy belli: $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 3H_2O$ ýokary sulfatly düzümi we $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 12H_2O$ pes sulfatly düzümi. Birinjisi iňňe görnüşinde kristallaşýar we düzümi hem-de optiki häsiýetleri boýunça tebigy minerallara laýyk gelýär, ikinjisi esasan düzüminde aşgary bolan portlandsementler gatanda pes sulfatly başga ýagdaýlarda diňe ýokary formasy emele gelýär. Ol metadurnukly we wagtyň geçmegi bilen onuň dargamagyna we sement daşynyň berkliginiň pese düşmegine

sebäp boljak göwürümde ulalmak bilen ýokary sulfatly forma geçýär.

Gatanda kalsiý gidrosulfoalýuminatyň emele gelmegi sementiň berkligini artdyrmaga amatly şert döredýän faktor bolup durýar, sebäbi iňňe görnüşli emele gelen kristallar sement daşyny armirleýär.

Portlandsement gatanda $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ kalsiý gidrosulfoferritiň ýokary formasynyň we $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ erginiň emele gelmegi mümkin.

Sement poroşogynyň gidratlaşmagy. Sement poroşogyna goşulan suw gips, hem-de degişli klinker birleşmeleriniň gidrolizi netijesinde alynýan hek we aşgarlar bilen çalt baglaşýar. Şonuň üçin soňky ähli prosesler görkezilen komponentler bilen baglaşan sredada bolup geçýär. Gipsiň düzümi kalsiýniň kynlyk bilen ereýän gidrosulfoalýuminaty bilen onuň baglaşýan güýji çalt peselýär. Tersine, A.A.Baýkowuň görkezen hekiniň konsentrasiýasy garylan sagadyndan soň derrew $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kadaly eremeginden ýokary bolan baha ýetýär we ony uzak wagtlap saklaýar. Soňky ýagdaý örän ýokary esasy gýaratlaşan önümleri almagy üpjün edýän kalsiý alýumoferriti, kalsiý alýuminaty we ikikalsiýli silikat gidratlaşanda sementde bolup geçýän himiki öwürülmeleriň shemasyny biraz ýönekeýleşdirsek onda aýry klinker minerallary üçin ýokardaky prosesler esasynda olary şular ýaly edip görkezmek bolýar:

1)Üç kalsiýli silikat C_2SH_2 gidrosilikaty we kalsiý okisiniň gidratyny emele getirýär; iki kalsili silikat (belit) C_2SH_2 berýär; şolar ýaly-da $\text{CSH}(\text{B})$ seriýaly tebermorite meňzeş gidrosilikatlaryň hem biraz emele gelmegi mümkin;

2)Gips bilen erginde reagirleşip üç kalsiýli alýuminat kalsiý gidrosulfoalýuminaty berýär; gips ýetmezçilik edende ol soňra durnukly C_3AH_6 geçýän metasfabil gidroalýuminaty emele getirýär;

3) Kalsiý alýumoferritleri (selit) gips bilen kalsiniň gidrosulfoferritiniň we gidrosulfoalýuminatynyň gaty erginlerini berýär gips ýetmezçilik edende bolsa gidroalýumoferriti $C_3(A_1F)H_6$ berýär.

4) Aýna gidroalýumoferritleri we kalsiý gidrogranatynyň käbir mukdaryny berýär. Ahyrky netijede gidratlaşan poroşogynyň düzümi esasan şu aşakdaky täze emele getirmeleriň umumy jemi bolup biler:

1) kalsiý okisiniň gidraty;

2) CSH(B)seriýaly kalsiýniň tobermorit görnüşli gidrosilikatlarynyň mümkin bolan garyndysy bilen C_2SH_2 gidrosilikaty.

3) Kalsiý gidrosulfoalýuminaty we onuň gidrosulfoferritli gaty ergini;

4) $3CaO:Al_2O_3$ bolmadyk esasly kalsiý gidroalýuminaty;

5) Kalsiý gidroalýumoferriti.

Bulardan netije çykaryp gatan sement daşynyň düzümini sement garyndylarynyň we betonlaryň käbir aýratynlyklaryny düşündirmek bolýar: ýumşak arassa suwlarda uly bolmadyk çydamlylygyny, turşy we kömürturşy suwlarda agressiýa köp duçar bolýanlygyny, sulfatly sredada suwa çydamlylygynyň azlygyny we ş.m.

4.Portlandsement garyndylaryň we betonlaryň korroziýasy

4.1. Korroziýa bilen göreşmek

Portlandsement betony we garyndysy käbir tebigy suwlara, suwly senagat garyndylaryna hem-de gaz görnüşli maddalara agresiw täsir edip biler. Korroziýanyň bolup geçýän tizligi daşky gurşawyň diňe agressiwlik derejesi bilen kesgitlenmän eýsem bir hatar beýleki faktorlar bilen portlandsementiň düzümi betonyň garyndynyň dykzlygy olaryň dartgynlyk ýagdaýy konstruksiýanyň üst meýdanyna agresiw sredanyň täzelenme tizligi gurşawyň temperaturasy we ş.m. bilen kesgitlenýär. Betonyň himiki korroziýasy köplenç zyýanly fiziki täsirler bilen utgaşýar: gezekli gezegine doňmak we eretmek ýa-da betonyň çyglanmagy ýa-da guramagy minerallaşdyrylan suw kapillýar sorulanda duzlaryň kristallaşmagy we onuň soňundan bugarmagy bilen utgaşýar. Şular ýaly fiziki täsirler esasan suwuň üýtgeýän gözyetiminiň üýtgeýän zolagynda ýerleşýän desgalaryň böleklerinde ýüze çykýar köplenç olar betona dartyjy täsir edýär.

4.2. Portlandsement garyndysynyň we betonlaryň suwa çydamlylygynyň ýetmezçilikleriniň sebäpleri

Portlandsement garyndysynyň we betonyň korroziýasy dürli düzümlü suwuň täsiri astynda korroziýa duçar bolmagynyň esasan suwlaryň netijesinde bolup geçýändigini kesgittendi;

a)suwda ilkinji nobatda kalsiý okisiniň gidraty portlandsement daşynyň gatan käbir düzüji bölekleriniň fiziki eremegi.

b)suwda erkin kislotalary saklaýan gatan sement daşynyň düzüji bölekleriniň özara täsirleşmegi we minerallaşan suwda saklanýan duzlaryň we kalsiý oksiýniň gidratynyň arasyndaky çalşygy reaksiýalar käbir ýagdaýlarda bu reaksiýalar suwda aňsatlyk bilen ereýän önümleriň emele gelmegine alyp barýar netijede portlandsement daşynyň düzüji bölekleriniň eremegi netijesinde proses has çaltlaşýar. Käbir beýleki ýagdaýlarda çalşygy reaksiýalar göwrüminiň has artmagy bilen sement daşy gatanda kristallaşýan täze önümleriň emele gelmegine getirýär. Bu täze emele getirmeler ilki bilen kapillýarlary we sement daşynyň boşluklaryny doldurýar ony dykyzlandyrýar we berkligi ýokarlandyrýar, ýöne soňundan zyýanly içki dargynlygy emele getirip jaýryklaryň emele gelmegine we dargamagyna getirýär.

Tebigatda ýaňky sanalyp geçilen faktorlaryň täsiri astynda dargamagyna az duş gelmek bolýar.

Köplenç ýagdaýlarda bir wagtda köp sebäpler täsir edýär. Ýöne tebigy suwlara edilýän agressiw täsirleri aggressiwligiň bäs görnüşine toparlamak örän amatly:

Arassa suwlar bilen dargamagy. Bular ýaly dargamagyň işjeňligi beton desgasynyň basyşly we basyşsyzlygyna bagly hem-de suw çalşylygynyň işjeňligini kesgitleýän desganyň üst meýdanyna otnositel suwuň süýşme tizlige bagly bolup durýar. Beton desgasy ýöne ýuwulanda suw betonyň içine diffuziýa netijesinde siňip sement daşyndan kalsiýniň gidrat okisini aşgarsyzlandyrýar. Ýöne bu ýagdaýlarda aşgarsyzlandyрма tizligi uly däl ol haçanda beton massiwiniň içine diňe suw girende däl, eýsem basyş desgalarynda has güýçlenýär. Beton näçe köp suw siňdirýän bolsa, basyş näçe köp bolsa, betonyň diwary näçe ýuka bolsa, onuň üstünden suw filtrlenip beton çalt dargaýar. Biz diňe

prosesiň fiziki-himiki toparyna seredip geçeliň. Portlandsementiň gatamagynyň soňky önüminiň Ca(OH)_2 , CSH(B) seriýaly meňzeş gidrosilikatlar C_2SH_2 metadurnukly gidrosulfoalýuminat, kalsiý alýuminatlary we gidroalýumoferritleri bolup durýandygyny biz bilýäris. Ähli bu birleşmeler suw bilen galtaşanda heki ergine berýär: birisi bitwiligine ereýär beýlekisi bolsa dargaýar. Şonda suw hek bilen tä erginde hekiň çäkli konsentrasiýasy döredilýänçä baýlaşan konsentrasiýa ýetensoň mundan beýläk ereme prosesi bes edilýär.

Ca(OH)_2 üçin çäkli konsentrasiýa 15° -da Ca/l 1.22g, 25° -da CaO/l 1.13 g bolýar. Kalsiý gidrosilikatlary üçin çäkli konsentrasiýa onuň düzümine bagly: C_2SH_2 üçin ol iň uly baha eýe C:S gatnaşykly CSH(B) üçin 0.8 barabar (CaO/l 0.08g.)

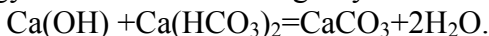
Şeýlelik bilen sement daşyna suwuň uly mukdary täsir edende ilkinji nobatda Ca(OH)_2 ereýär, haçanda ol aşgarsyzlanda we hekiň konsentrasiýasyny doýgunlaşma oňa laýyk gelmedik ýagdaýynda C_2SH_2 örän pes esasly CSH(B) seriýaly gidrosilikata onuň soňundan öwrülmegi bilen dargap başlaýar. Şol bir wagtda kalsiý gidroalýuminatlaryň gidrolitiki dargamagy bolup geçýär.

Betona aşgarsyzlaşma täsiri suwuň wagtlaýyn gatylygyny häsýetlendirýän $\text{Ca(HCO}_3)_2$ we $\text{Mg(HCO}_3)_2$ kalsiý we magniý bikarbonatlarynyň onda saklanmagyna bagly.

Suwuň wagtlaýyn gatylygy näçe az bolsa şonça-da onuň betona aşgarsyzlandyrmak täsiri güçli bagly bolýar we tersine. Esasan beton distilirlenen suwuň ýa-da oňa golaý düzümi bolan tebigy suwlaryň täsiri astynda beton çalt korroziýalaşýar. Garyň eremegi netijesinde emele gelýän dag derýalarynyň suwy peslikdäki derýalaryň suwundan dargadyjy ukyplylygy has uly.

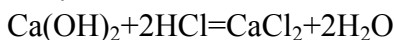
Suwuň wagtlaýyn gatylygy ýokary bolanda hatda peýdaly täsir edip hem biler. Bu ýagdaýda kalsiý we magniý bikarbonaty gataýan sementiň heki bilen özara täsirleşýär we

şonda eremeýän kömürturşy kalsiý emele gelýär. Ol betonyň boşluklarynda ýerleşip onyň dykzlygyny artdyrýar we mundan beýläk betonyň galyňlygyna suwuň siňmegine garşy durýan konsentrasiýanyň üst meýdanyna suw siňdirmeyän gatlagy kem-kemden emele getirýär:



Netijede betona üst meýdanly karbonizasiýasy bolup geçýär, ýagny beton gatanda onuň üst meýdanynyda atmosfera uglekislotasynyň täsiri bilen karbonizirlenen gatan emele gelýär.

Turşy suwlar bilen dargama. Eger suwda boş organiki kislota bolsa kalsiý okisiniň gidratynyň eremeği has çaltlaşýar. Şonda fiziki eremekden başga himiki eremekligi hem görmek bolýar. Mysal üçin duz kisloltasynda bu prosesi şu deňleme bilen aňlatmak mümkin:



Bu proses kislotalaryň bir hataryny ýaýradyp we ony ion formada ýazyp $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ alýarys.

Turşy suwlar portlandsemende we betonlara hem birmeňzeş dargadyjy täsir edýär.

Kömürturşy suwlar bilen dargama. Kömürturşy korroziýanyň nazaryýeti alymlar tarapyndan işlenip düzülen. Betonyň üst meýdanynyň golaýynda suwuň süýşýän şertlerinde olar şular ýaly bolýar:

1. Tebigy suwlaryň kömürturşy kislotalarynyň täsiri astynda gataýan sementiň boş heki betonyň üstinde kömürturşy kalsiýa öwrülýär.

2. Emele gelen kömürturşy kalsiýa suwuň kömürturşy suwy bilen gaýdymly reaksiýa boýunça reagirlaşýar:

$$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca(HCO}_3)_2$$

Bu reaksiýa suwda CO_2 we $\text{Ca(HCO}_3)_2$ konsentrasiýalarynyň arasynda kesgitli deňagramlaşma gatnaşygyna gelen pursatynda bes edilýär.

3. Tebigy suwlar elmydama $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ käbir mukdaryny saklaýar;

Boş kömürturşy kislotanyň belli mukdaryny erginde bu mukdary saklamak üçin reaksiýanyň gaýdyş güýji gerekli bolýar. Bu uglekislota howply däl sebäbi ol kalsiý CaCO_3 eredip bilmeýär. Eger-de suwda artykmaç kömür kislotasy bolanda ol CaCO_3 bilen reagirleşip biler. Şonda artykmajyň bir bölegi $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ emele gelmegem harçlanýar bir bölegi bolsa deňagramly kömür kislotasynyň goşmaça mukdaryny döretmäge gityär.

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ emele gelmegine gityän artykmaç kislotasynyň bölegine agresiw kömir kislotasy diýilýär. Onuň mukdary ýörite usullaryň kömegi bilen ýa-da hasap usuly bilen eksperimental kesgitläp bolýar.

4. Kömür kislotasynyň agresiw işjeňligi köp faktorlara bagly. Olardan kömürturşy kislota bilen baglanyşykly suwuň düzüminde bikorbanat kalsiýniň saklanmagy agressiw kömür kislotasynyň saklanmagy we betonyň üst meýdanyna suwuň çalşmak tizligi esaslary bolup durýar. Eksperimental maglumatlara görä agressiw kömürkislotasynyň saklanmagy çalt artýar.

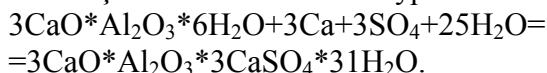
Minerallaşan esasan sulfat we magneziýal suwlar bilen dargamak örän köp mineral suwlar minerallaşan bolýar, ýagny duz hloridler we kükürt sulfatlar kislotanyň duzларыny saklaýar.

Portlandsement erginleri we betonlara aýry hloridler we ähli tebigy sulfatlar kükürt turşy natriý, kaliý, kalsiý we magniýler zyýanly täsir edip biler. Portlandsement garyndylaryny we betonlaryň deňiz suwy bilen dargaýan ýagdaýlary bar. Şular ýaly täsirler suwda eredilen duzlar we portlandsementde saklanýan kalsiýniň okisiniň gidratynyň arasyndaky çalşyk reaksiýalary bilen emele gelýär. Bu reaksiýalar analizi bir ýagdaýlarda karroziýanyň sebäbi anionlar beýleki ýagdaýda bolsa kationlar bolup durýar.

Tebigy suwlardaky anionlardan portlandsemente agresiw täsiri diňe SO_4 ýetirýär. Kalsiýniň kationy bilen $\text{Ca} + \text{SO}_4 = \text{CaSO}_4$ reaksiýasy boýunça reagileşip gipsi berýär. Ol kristallaşanda göwrümünde artyp betonyň dargamagyna getirýän sement daşyndaky kristalizasion dartgynlygy döretýär. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ melekulýar göwrümi- $33,23 \text{ sm}^3$. $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - $74,54 \text{ sm}^3$. Şeýlelik bilen garalýan reaksiýanyň netijesinde gaty fazanyň göwrümi 2,24 esse artýar.

Gips gowy ereýän madda bolup durýar: doýgun hek erginde onuň ereýjiligi 1 l-de CaSO_4 bir ýarym gram ýokary, şonuň üçin sement daşynyň boşlugynda iki suwly gipsiň kristallarynyň düşmegi diňe fazada SO_4 ýeterlikli ýokary konsentrasiýasynda mümkin; Kükürturşy duzlaryň az konsentrasiýasynda olaryň agresiw täsiri kalsiý gidrosulfoalýuminitranyň emele gelmegi bilen ýüze çykýar. Sulfatly suwlaryň täsiri astynda gaty fazada ýerleşýän C_3AH_6 ýa-da C_4AH_{13} Ca we SO_4 birleşmegi netijesinde sement daşynda gidrosulfoalýuminat kalsiý emele gelýär.

Proses şu deňleme bilen aňladyp bilner:



Konsentrasiýasynda olaryň agresiw täsiri kalsiý gidrosulfoalýuminatynyň emele gelmegi bilen ýüze çykýar. Sulfatly suwlaryň täsiri astynda gaty fazada ýerleşýän C_3AH_6 ýa-da C_4AH_{13} Ca we SO_4 birleşmegi netijesinde sement daşynda gidrosulfoalýuminat kalsiý emele gelýär.

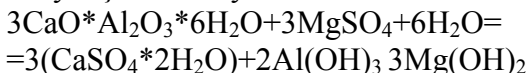
Kalsiý kationlary $\text{Ca}(\text{OH})_2$ eremegi netijesinde SO_4 anionlary bolsa desgany ýuwýan desgadan reaksiýa düşýär. Netijede C_3AH_6 iki molekulasynda derek $\text{Ca}(\text{OH})_2$ üç molekulasy göwrümi bolan kalsiý gidrosulfoalýuminatyň bir molekulasy emele getirýär. Şonda gaty fazanyň göwrümi 2.86 esse artýar netije gatan betonda onuň dargamagyna getirýän uly kristalizasion dartgynlyk emele gelýär.

Şeýlelik bilen sulfat suwlaryň täsiri astynda sulfat korroziýasynyň iki görnüşini görmek bolýar

a) agressiw suwda gursawda SO_4 az konsentrasiýasynda arassa görnüşde ýüze çykýan gidrosulfoalýuminat

b) SO_4 örän ýokary konsentrasiýaly gipsli.

Kationlardan-portlandsemente $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -den suwda eremegi pes hasaplanýan okisleriň gidratlary ähli metallaryň kationlary agressiw täsir edýär. Olara: Mg, Al, Zn, Cu, we ş.m. degişli. Betonyň içine girip olar yzyna gaýtmaýan reaksiýa boýunça hek bilen özara täsirleşýär we olaryň suwda ýeterlikli uly derejede bolmagy hekiň konsentrasiýasyna birden peseltmegine getirýär. In soňkysyny $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mundan beýläk eremegi bilen kadaly ýagdaýa çenli ýetmegi bolup geçýär. Şeýlelik bilen garlan kationlar sement daşyna korroziýa täsirini ýetirmegi mümkin. W.N.Ýunga boýunça suwdaky kükürtturşy magniý sement daşynyň suwly üç kalsiýly alýuminatyna şu shema boýunça täsir edýär.



Mg, Al, Zn we ş m. kationlaryň agressiw täsirini belläp geçmeli. Sement daşynyň boşluklarynda emele gelýän degişli metalyň kynlyk bilen ereýän gidrat okisi boşluklary doldurýar we betonuň we sement garyndysynyň içine agressiw ionlatyň girmegini gowşadýar. Bu nukdaýy nazaryndan örän zyýanly täsiri reaksiýanyň az ionizirlenen we şonuň üçin $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bilen gaýdymсыз reagirleşer ýaly hekiň ereýän gidroksil aniony bilen berilýär. Olar ýaly ionlara ammoniý kationlary NH_4 we wodorod kationlary H degişli. Hemme ýokarky seredilen ýagdaýda betonyň heki bular ýaly reaksiýalarda emele gelýän kalsiý duzynyň uly ereýjiliginden hem çalt ýuwulýar.

Magnezial korroziýa intensiw korroziýa bilen bilelikde örän işjeň bolup geçýär. Şonuň üçin tebigy magnezial suwlaryň

agressiwligi bahalananda ondaky SO_4 ionlaryň saklanmagyny hem hasaba almaly.

Suwuň-gurşawyň agressiwligini bahalamak CH 249-63 kadalaşdyryjy resminamalarda kesgitlenen agressiwlik kadalary bilen onuň himiki analiziniň maglumatlaryny deňeşdirmek ýoly bilen geçirilýär.

4.3. Korroziýa bilen göreşmek boýunça geçirilýän çäreler.

Korroziýa garşy iň esasy geçirilýän göreş beton desgasyň gidroizolýasiýasy bolup durýar. Ol betonyň içine suw girmek mümkinçiligini aýyrýar we dargamak prosesleriniň önüni alýar. Bu maksat bilen desga dürli suw geçirmeýän örtükler bilen basyşda üst meýdanlar (gidaroizolýasiýa): bitum suwaglary, bitum matlary, suw geçirmeýän sintetiki materialar, asfalt betonyň inçe gatlagy, tebigy daşlar, keramiki plitkalar, käbir ýagdaýlarda hat-da demir listler bilen örtülýär. Gidroizolýasion örtükler betonyň bölünmegine we adatça jaýrygyň emele gelmegi bilen garşylyk görkezýän adgeziýa we ýeterlikli maýyşgaklygy bolanda effektiv bolýandygyny bellemeli.

Korroziýa bilen göreşmegiň beýleki usuly betonyň hemme massasy boýunça oňa gerekli dykzlygy bermek onuň üçin beton ýokary derejede suw geçirmeýän sementde (meselem pussolan) taýýarlanýar, suwsement gatnaşygyny azaltýar, dolduryjylaryň däne düzümini gowy saýlanyp alynýar, betonyň suw siňdirijiligini artdyrýan maddalar goşulýar: adsorbirleýji opalubka, wakurmirmek, wibrirmek ulanylyp ýüklenip goýulanda gowy dykylýar.

Beton näçe dykz bolsa oňa suw girmek mümkinçiligi şonça-da az şoňa görä-de, onuň korrodirlenme mümkinçiligi pes.

Awtoklawly işlemek.

Awtoklaw bilen işlemäge duçar edilýän betonlaryň we sementli erginleriň sulfata çydamlylygynyň artýanlygy kesgitlenildi: şular ýaly betonlar Na_2SO_4 we CaSO_4 suwly erginlerinde doly çydamly we MgSO_4 erginlerine az çydamly. Awtoklawly gatadylanda portlandsementli betonlarda emele gelýän kalsiý gidrosilikatlaryň sulfata görä kadaly gatanda emele gelýän CSH(B) we C_2SH_2 gidrosilikatlardan reaksiýa ukyplygy az. Awtoklawly gatadylanda emele gelýän kalsiý gidrogranatlary $3\text{CaO}(\text{Al}, \text{Fe})_2 \cdot 3(\text{H}_2\text{O})_2$, SiO_2 örän çydamly.

Klinkeriň mineralogiki düzüminiň üýtgemegi.

Arassa suwlarda portlandsementiň çydamlylygy ondaky boş hekiň mukdarynyň bölünip aýyrylmagy bilen gataýan üç kalsiýli silikatda-mineralýň düzümini azaltmak bilen artdyrmak mümkin. Sulfatly suwlarda sementiň çydamlylygyny artdyrmak üçin ondan başga üç kalsiýli alýuminatyň saklanmagyny azaltmaly.

Portlandsementiň sulfata çydamlylygyny aýna görnüşli düzüjilerini klinkeriň düzüminde artdyrmak ýoly bilen hem artdyrmak mümkin. Klinker aýnasy gatanda C_3AH_6 ýerine onuň gidroferritli kalsiýli- $\text{C}_3(\text{A}, \text{F})\text{H}_6$ hem-de kremnezýomy düzüminde bolan gidrogranatlary- $\text{C}_3(\text{A}, \text{F}) (\text{S}_x, \text{H}_{6-2x})$ gaty erginini berýär; gatan bu iki önüm C_3H_6 -dan sulfatly suwlarda örän çydamly.

Karbonizasiýa. Beton önümleri howada uzak wagtlap saklananda atmosfera kömürkislotasy $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ deňleme boýunça kömürturşy kalsiý emele getirip, kalsiý okisiniň gidraty bilen himiki birleşme girişýär. Netijede beton desgasynyň üst meýdanynda kömürturşy kalsiýden ybarat gatlak emele gelýär, ol özüniň az ereýjiligi netijesinde arassa suwa aşgarsyzlanmaýar we sulfatlar bilen özara täsirleşmeýär. Ýöne bu gatlagyň 5-10mm ýokary bolmadyk örän kiçi galyňlygy bar.

Şol sebäpli karbonizasiýa, beton elementiniň suwa çydamlygy artdyryp, onuň dargamagy mümkinçiligini

aýyрмаýar ýöne kömürturşy kalsiniň goraýjy gatlagyň dürli mehaniki täsirleriň astynda (suwda ýüzýän predmetleriň tolkunlarynyň we ş.m) dargap biler. Ondan başga-da ýokary dykzylgyna seretmezden suwy absolýut geçirmeýän bolup durmaýar; köplenç betonyň dargamagy goraýjy gatlagyň ýeterlikli galyňlygyna seretmezden onuň üst meýdanyndan däl-de içinden başlanýar.

Pussolanizasiýa.

Betonyň suwa çydamlylygynyň karbonizasiýa bilen deňeşdirilende has kämil himiki usullaryndan biri pussolanizasiýa bolup durýar. Kalsiýniň gidrat okisiniň düzüminde turşy gidrawliki goşundy başgaça bolsa pussolan maddalar diýilip atlandyrylýan işjeň kremnezýomy bilen baglaşmagy. Insoňky atdan karbonizasiýada bolup geçýän hekiň baglaşmagyny aňladýan pussolanizasiýa termini gelip çykýar.

$x\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SiO}_2 + \text{aq} = x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{aq}(\text{CSH}(\text{B}))$ CSH(B) seriýaly emele gelyän kalsiýý silikatlary $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bilen deňeşdirilende suwda ereýjiligi az we sulfatlar bilen çalşyk reaksiýasyna girişmeýär. Şeýlelik bilen, pussolannizasiýa sementiň suwa çydamlylygyny has artdyrýar.

Pussolanizasiýada diňe betonyň ähli içki meýdany däl eýsem içki massasynda hem hekiň baglaşmagy bolup geçýär. Ondan başga-da gidrat goşundylary tebigatda hem senagat zyňyndylarynyň içinde hem giňden ýaýran hasaplanýar. Bu bolsa pussolanizasiýany diňe tehniki taýdan kämilleşdirmän eýsem ykdysady taýdan hem betonyň suw siňdirjiligi artdyrmagyň ykdysady taýdan has amatly edýär.

Ýöne pussolannizasiýa diňe arassa we sulfa suwlar üçin effektiwligini bellemeli. Turşy, kömürturşy we magneziýaly suwlar üçin goramagyň ýokarky garalan himiki usullary şol sanda pussolanizasiýa aramsyz, sebäbi bu suwlar diňe kalsiýniň gidrat oksini dargatman eýsem suw silikatlaryny we kalsiýalýuminatlaryny dargatýar.

Portlandsemente we betona organiki kislotalardan has agressiw täsir edýäni uksus, süýt, ýagly we winnyý kislotalardyr. Olar adatça azyk önümlerinde we ony taýýarlamagyň galyndylarynda saklanýar. Bu ýaglar ýokary molekulýar kislotalary doýgunlaşan we doýgunlaşmadyk, çylşyrymly efir we ol erkin halda saklanýar. Olar sement daşynyň we betonyň ýumrulmagyna getirýär. Bu gidroksid kalsiýniň ýaglara edýän täsiri netijesinde köp atomly spirtleriň we ýagly kislotalaryň emele gelmegi bilen düşündirilýär. Bu emele gelmeler Ca(OH)_2 bilen täsirleşip duz emele getirýär. Mysal üçin oleinden kalsiý oleaty we kalsiý gliseraty emele gelýär. Gliseriniň erginleri hem sement betonlaryna özüniň agressiw täsirini ýetirýär.

4.4. Sement daşynyň himiki korroziýasy

Beton we demirbeton gurluşlar diňe mehaniki berkligi bilen häsiýetlendirilmän, eýsem ol daşky fiziki-himiki faktorlaryň täsirine durnuklylygy bilen häsiýetlendirilmeli.

Binalaryň we gurluşlaryň betonlary otrisatel täsirlere sezewar bolup biler, ilki bilen hem suwa we dürli maddalaryň erginlerine, şol sanda hem gazlara, bular bolsa himiki korroziýanyň döremegine getirýär; suwuk we gaz görnüşli dürli organiki däl we organiki maddalar (himiki korroziýa); köp gezek çyglanma we gurama prosessiniň gaýtalanmagy, şeýle-de doňmak we eremek; sement daşynyň we betonyň öýjüklerinde ýygnaýan dürli maddalar; (fiziki korroziýa).

Portlandsement we onuň önümleri şeýle-de betonlary köp agressiw faktorlara ýokary durnuklylygy bilen häsiýetlendirilýär. Emma olar hem ýaramaz şertlerde derrew ýumrulmagy mümkin we şonuň üçin onuň wagtyndan ön zaýalanmazlygy üçin degişli çäreleri görmeli.

Sementiň dürli görnüşleri ol ýa-da beýleki agressiw faktorlara durnuklylygynyň dürlidigi bilen häsiýetlendirilýär. Mysal üçin kalsiý alýuminatyny az mukdarda saklaýan sementler gipse we beýleki sulfatlara garşy durnuklylygynyň ýokarylygy bilen häsiýetlendirilýär we şonuň üçin hem olar sulfata durnukly sement diýilip atlandyrylýar. W.W.Kind tebigy suwlaryň täsiri astynda korroziýanyň esasy görnüşleri boýunça giňişleýin klassifikasiýa berýär:

1) aşgarlama korroziýasy, ol sement daşyndaky kalsiý gidrooksidiniň eremegi netijesinde we onuň betondan çykmagy netijesinde emele gelýär;

2) Kislota korroziýasy – kislotalaryň täsiri netijesinde pH görkezijisiniň 4-den pes bolan aňlatmasynda;

3) Kömürturşy korroziýa – sement daşyna kömürturşynyň (углекислота) täsirine şertlenendir;

4) Sulfat korroziýasyny sulfoalýuminata we sulfoalýuminat-gipse bölýärler. Olar hem sulfat ionlarynyň täsirine şertlenýärler;

5) Magnezial korroziýa – suwda sulfat ionlarynyň bolmadyk ýagdaýlarynda magniý kationlarynyň täsiri netijesinde emele gelýär.

Bu korroziýanyň ähli görnüşleri hem diňe tebigy suwlaryň täsiri netijesinde emele gelmän, eýsem senagat we hojalyk akyndy suwlarynyň täsiri netijesinde emele gelýär. Ýokarda görkezilen korroziýanyň görnüşlerinden başga-da, kislota-gipsli görnüşi hem bolup biler, ol kükürt kislotasynyň täsiri netijesinde emele gelýär.

Senagat, oba hojalyk we beýleki gurluşlarda, binalarda betonlar korroziýanyň beýleki dürli görnüşlerine (aşgarlaryň we beýleki maddalaryň täsiri, haýwan ýaglary, ösümlik ýaglary, uglewodlar, spirtler, fenollar we ş.m.) sezewar bolup

biler. Şonuň üçin gurluşlarda betonlar ulanylanda olaryň zeperlenmekden goralmagyny hem hasaba almaly.

4.5. Sement daşynyň fiziki korroziýasy

Betonyň we sement daşynyň korroziýasyny emele getirýän fiziki faktorlaryň hataryna onuň çyglanmagyny we guramagyny degişli hasap edýärler. Bu bolsa materialyň kiçelme we çişme deformasiýasyna getirýär. Ol deformasiýalar sement daşynyň öýjüklerinde ereýän duzlaryň ýygnanmagy, köp gezek betonyň doňup eremegi (esasanda suwdan doýgun halda) netijesinde emele gelýär.

Korroziýanyň duzly görnüşi (korroziýanyň III görnüşi). Sement daşynyň öýjüklerinde duzlaryň ýygnanmagy himiki korroziýanyň esasynda emele gelip biler. Duzly erginleriň konsentrasiýasy doýgun ýagdaýa gelýänçä ýokarlanýar we şondan soňra kesgitlenen şertlerde öýjükleriň doldurylma derejesine çenli kristallaryň bölünip çykmagy başlanýar. Beýle proses kristallaryň-öýjükleriň diwarlaryna güýçli basyşy netijesinde sement daşynyň we betonyň deformasiýasyna, hatda onuň ýumrulmagyna hem getirip biler.

Fiziki korroziýanyň bu görnüşiniň emele gelmegine getirýän esasy şertler: gruntdaky suwda ereýän duzlaryň (esasan Na_2SO_4 , MgSO_4 , Na_2SO_3) 1-den köp mukdarynyň saklanmagy; klimatyň ýylylygy we gurylygy (iýun-awgust aýlarynda gündizki temperatura $28-30^0$ S we ondan hem ýokary, howanyň çyglylygy (30% we ondan hem az).

Suwuň bugarmagyna we diwaryň ýumrulmagyna ýeriň üst ýüzünden 10-50 sm beýiklikde synag edilýär. Şular ýaly korroziýa Gazagystan, Özbekistan we Türkmenistan ýaly respublikalarda duş gelýär.

Temperatura we çyglylyk şerti ýaramaz bolan ýagdaýynda sement daşynyň öýjüklerinde Na_2SO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ýaly duzlar saklanylýp, onuň suwsuz ýa-da az suwly görnüşleri suwuň molekulasyňy köp mukdarda saklaýan ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ we ş.m.) birleşmelere öwrülmeği mümkin. Beýle öwrülişik gaty fazanyň göwrüminiň 1.5-3 esse ýokarlanmagyna getirýär we onuň netijesinde deformasiýa bolup geçýär.

Derňewleriň netijeleri sement daşynyň berkligi näçe ýokary boldugyça onuň öýjükliliginiň pesdigini, onda-da açyk öýjükleriň azdygyny görkezýär we şol bir wagtyň özünde duzly korroziýa şertine durnuklylygyny görkezýär. Pussolan portlandsementden taýýarlanan betonlaryň bu şertlere durnuklylygy pesdir. Duzly fiziki korroziýanyň täsirini peseltmek üçin betony ýokary dyklylykly sulfatadurnukly portlandsement ulanylýar. Betonlaryň we erginleriň düzümine gidrofobizirleýji maddalary, mysal üçin etilsilikonat natriý, pagta sabyny (хлопковое мыло), mylonaft 0,1% töweregi girizmek mümkin.

Sowugaçydamlylygy. Sement daşynyň we betonlaryň ýokary sowugaçydamlylygy-onuň esasy häsiýetidir we ol dürli gurluşlaryň esasan gidrotehniki, ýol gurluşyk, irrigasion gurluşlaryň uzak ömürliligini kesgitleýän häsiýetdir.

Beton we demirbeton gurluşlaryň ekspluatasiýasynda onuň suwdan doýgun halda köp gezek doňup eremäge sezewar bolmagy mümkin. Belli bolşy ýaly suw doňup buz görnüşe geçen wagty onuň göwrümi 10% ýokarlanýar. Elbetde sement daşynyň öýjüklerindäki suw doňan wagtynda öýjükleriň diwarynda gidrawliki basyş döreýär. Bu ýagdaýyň köp gaýtalanmagy netijesinde sement daşynyň we betonyň gurluşynyň üýtgemegine, göwrüminiň giňelmegine, jaýryklaryň emele gelmegine we berkliginiň peselmegine getirýär.

Köp gezek doňmak we eremek öz ýumuryjy täsirini haçanda suw (mysal üçin deňiz suwy) öz düzüminde ýeterlik mukdarda dürli duzlary saklasa ýetirip biler.

Öň belleýşimiz ýaly sement daşynyň öýjükleriniň içini doldurýan, düzüminde käbir mukdardaky Ca(OH)_2 -ni we ergin haldaky aşgar birleşmeleri saklaýan suw 0 we -1^0S temperaturada buz görnüşe geçip başlaýar we ilkinji nobatda iri öýjükleriň içi doňýar. Temperatura näçe peseldigiçe kiçi diametrli kapillýarlaryň içinde hem buz emele gelip başlaýar. Öýjükleriň has kiçisinde suw -25^0S -da doňýar. Doňup barýan suwuň we buzuň öýjükleri we kapillýarlary diwaryna edýän basyşy netijesinde sement daşynyň göwrümi belli bir mukdarda ulalýar. Soňra ol eredilende göwrüm kiçelýär, emma welin öňki ýagdaýyna ýetip bilmeýär.

Sement daşynyň sowuga durnuklylygy onuň öýjüklilik derejesine we häsiýetine baglydyr. Sement daşynyň umumy öýjükliligi näçe pes bolsa, onuň sowuga çydamlylygy şonça-da ýokarydyr. Umumy öýjükliligi peseltmek birinjiden beton taýýarlananda suw-sement gatnaşygyny peseltmek arkaly amala aşyrylýar, ikinjiden köp gezek doňup-eremek siklinden öň uzak wagtlap gatadylmagydyr.

Berlenlere görä $s/s=0,4-0,45$ bolan ýagdaýynda sement daşynda kapillýar öýjükler ýok diýsek hem bolar. Onuň öýjükleri gel görnüşli bolup, olar psewdogaty haldaky suw bilen doňdurylandyr. Muňa esaslanyp hem sowuga durnukly betonlary $s/s=0,45 - 0,5$ gatnaşykda taýýarlamak dogry hasaplanar. Munuň üçin suw talap ediljiligi pes bolan portlandsementi ulanyp, şeýle-de üst-aktiw plastifisirleýji goşundyny goşmaklyk maksadalaýykdyr.

Sement daşynda kapillýar öýjükleriň bolmagy esasan hem s/s gatnaşygy 0,5-0,6-dan ýokary bolan ýagdaýynda onuň sowuga çydamlylygynyň peselmegine getirýär. Bu ýagdaýda sement daşynyň öýjükliliginiň häsiýetleri uly mana eýedir. Sement daşynda gyrađen ýaýran ownuk, içi howaly öýjükleriň

bolmagy örän wajypdyr. Bu öýjükler köpürjik emele getiriji goşundylaryň kömegi bilen emele getirilýär.

Eksperimental berlenlere görä betonyň göwrüminiň 3-4% mukdarynda içi howaly köpürjigi girizmeklik, 200-400 sikl doňmaga çydamly betony 100-1600 sikle çenli ýokarlandyrýar. Şeýle-de sowugaçydamlylygy sementiň massasynyň 0,075-0,1% gidrofobizirleýji maddalary goşmak arkaly gazanylýar. Bu goşundylaryň gowy täsiri hem sement daşyna suwuň siňdirilmeginiň kynlaşýanlygydyr. Mundan başga-da olar ýapyk öýjükleriň mukdarynyň köpelmegine getirýär we ol öýjükler beton suw bilen doýgunlaşdyrylanda suw bilen dolmaýarlar.

Betonyň sowugadurnuklylygy şeýle-de sementiň häsiýetlerine baglydyr. Ýokary sowugadurnuklylygy alitly portlandsement üpjün edýär. Ol düzüminde 6-8% kalsiý alýuminatyny saklaýar.

Aktiw we inert goşundylar hatda 8-10% mukdarda saklananda hem portlandsementiň sowugadurnuklylygyny peseldýär. Sementleriň üweminiň inçeligi 3000-4000 sm²/g ýokary bolmaly däl.

5. Portlandsementiň aýratyn görnüşleri

5.1. Çalt gataýan portlansement

Köp pudaklaryň gurluşyk etmek islegleri diňe bir ýönekeý portlansementiň öndürmegi bilen kanagatlandyryp bolmaýar. Şonuň üçin biziň sement senagatymyz ýönekeý portlansementden tapawutlanýan ýörite tehniki häsiýetli tehnologiýasy bilen tapawutlanýan we dürli ugurlarda ulanylýan köp sanly portlansementiň görnüşlerini taýýarlaýar.

Çalt gataýan portlansementiň (ÇGP) işjeňligi gatap başlaýan döwründe berkliginiň artmagy bilen tapawutlanýar. Standarda laýyklykda ol şu aşakdaky şertleri kanagatlandyrmaly:

a)TDS 310-41 boýunça gaty konsistensiyaly erginde synag edilende onuň gysylma berkliginiň çägi 3 gije-gündizde 300kg/sm^2 az 28 gije gündizligi bolsa 500kg/sm^2 az bolmaly däl;

b)TDS 310-60 maýyşgak konsistensiyaly erginlerinde synag edilende onuň gysylma berkliginiň çägi 3 gije-gündizligi 200 kg/sm^2 we 28 gije-gündizden soň 350 kg/sm^2 az bolmaly däl;

ÇGP demirbeton konstruksiýalaryny we önümlerini taýýarlamak üçin ulanylýar. Bu semeniň ulanylmagy önümçilik prosesini çaltandyryr we gysga möhletde 70-100 çenli mümkinçilik berýär.

Ýokary berkligi bolan çalt gataýan portlansementi taýýarlamak ulanylýan çig malyň hiline bagly.

Ol himiki düzümi boýunça birsydyrgyn bolmaly we zyýanly goşundylary(m.aşgarlary)özinde saklamaly däl. Çig mal klinker emele gelýän prosesinde himiki taýdan özara täsirleşmäge ukyply bolmaly.

ÇGP alnanda çig mal garyndysy gowy taýýarlanmaly çig mal komponentleri örän ownuk edilip üwemeli we esasan öl usul bilen geçirildi. Garyndy düzümi boýunça elmydama meňzeş we gowy gomogenizirlenen bolmaly. Garyndynyň düzümi KN we modul boýunça korrektirlenmeli oňa fltor saklaýjy minerallaşdyrjylary plawikli spaty we kremniflorly nariýini goşmak maksada laýyk.

Esasy üns klinkeriň ýakylma režimine we parametrlerne berilmeli. Aýlanýan peçlerde ýangyny külsiz görnüşinde – gazda we mazutda ýakylma geçirilýär. Bişirilýän zolagyň optimal häsiýetini kesgilemeli. Ýokary beriklikli ÇGP almak üçin bişýän zolaga golaý we gysga ýakmak gowy netije berýär. Klinkeriň sowama režimi çalt bolmaly. Klinker örän ownuk edilip optimal mukdarda gips goşmak bilen owradylýar.

Sementiň berikligine klinkeriň minerologiki düzümi uly täsir edýär. Sement toýun toprakly modul we doýgunlaşma koefsiýentiniň ýokarlandyrlan bahalary bilen alýuminaly-alitli bolmaly. Her zawodda klinkeriň optimal mineralogiki düzümi çig malyň we tehnalogiki enjamlaryň aýratynlyklaryny hasaba alyp kesgilenýär C_3S hasap boýunça saklanmagy 50-55 % çäklerinde C_3A -8-11% çäklerinde bolmaly; $C_3S + C_3A$ umumy jemi 60-65% bolmaly.

Klinkeriň şol bir minerologiki düzüminde sementiň häsiýetleri klinkeriň sowadyлма tizligi has täsir edýär. Çalt sowadylanda 1230-1300gr temperaturadan sement klinkeriň aýry fazalary bolup durýan gaty erginler örän durnukly forma geçmäge yetişmeýärler we ýokarky gidrawliki işjeňligi bolýar. Munda alif ýuwaşlyk bilen sowadylanda gaty erginiň bir bölegi dargaýar we onuň tertipleşen içgi kristal gurluşyny görmek bolýar, bularyň ählisi alite suw degende onuň reaksiön ukyplygyny azaldýar. Klinkeriň çalt sowamagy suw bilen özara gowy täsirleşýän metadurnukly faza bolup durýan aýnanyň onda saklanmagyny artdyrýar. Alitiň reaksiön ukyplygynyň artmagy çig mal goşundysyna egirleýji goşundy diýip käwagt

atlandyrylýar, goşmaça oksleriň uly bolmadyk mukdaryna goşmak bilen gazanyp bolýar.

ÇGP gatama tizligini artdyrmak üçin örän ownuk edilip owradylan klinkeri goşmak bilen gazanyp bolýar. ÇGP adaty 2500-3000sm²/g derek udel meýdany 3500-4500 sm²/g çenli üwelýär.

Sementiň üwelmeginiň ownuklugynyň artmagy onuň birinji gatama möhletinde onuň berkliginde has bildirýändigini görkezýär. Sementiň udel üst meýdanynyň artmagy hekde ilkinji möhletde hem bildirmeýän berkliginiň mundan beýläk hem artmagyndan soň diňe belli çäge çenli artmagy maksada laýyk.

Has ownuk üwelmegi otrisatel taraplary hem bar: degirmenleriň öndüriligi birden peselýär, üwemek üçin elektrik energiýanyň harçlanmagy güýçli artýar, saklananda has ownuk üwelen sementiň işjeňligi örän çalt peselýär. İşjeňligiň peselmezligi üçin, ol üwelende oňa gidrofoblaşdyryjy goşyndylary goşmaly, ýa-da inçe üwelen sementi ýörite bitumirlenen çyg we howa geçirmeýän kagyz gaplara gaplamaly.

Saklanan ÇGP işjeňliginiň çala peselmegi bilen kawat sement zawodlarynda kadaly üwelmegi sezewar edilmegi, soňra bolsa demirbeton zawodlarynda ony işe göýbermezden ozal sementi doly üwemeli. Bu ýagdaýda sement suw bilen ýa wibrodegirmenlerde, ýa-da şar görnüşli degirmenlerde doly üwemeli.

ÇGP ýeterlikli ownuk üwelmän eýsem sement poroşogynyň kesgitli däne düzümi bolmaly.

A.N.Iwanow-Gorodowyň maglumatlaryna görä 3800-4000 sm²/g udel üst meýdanly sement, onuň in aşakdaky düzüminde mümkin bolan in uly başlangyç berkligini berýär;

Däne	5mn çenli	20% köp bolmadyk
Däne	8-den 20-mn çenli	40-45%

Däne	20-den 40-mn çenli	20-25%
Däne	40-mn-den iri	15-20%

Berlen däne düzümi tehnologiki taýdan merkezden gaçýan separaorlar bilen ýapyk sikl boýunça işleýän degirmenlerde klinker üwelende aňsatlyk bilen üpjün edilýär.

ÇGP üwelende gipsiň goşulmagynyň uly ähmiýeti bar. Gips gidratlaşýan alýuminat kalsiý bilen özara himiki täsirleşmä girip we kalsiý gidrosulfoalýuminaty emele getirip dine tutluşmagyny haýallaman, sementiň köp gurluşyk tehniki häsiýetlerne položiel täsir edýär. Gipsiň optimal ölçeginde gatama tizligi güýçli artýar.

Her zawodda goşulýan gipsiň opimal prosentini tejribe usuly bilen kesgitlenýär. Ol klinkeriň düzümine aýna görnüşli fazanyň mukdaryna, sementiň üwelmeginiň inçeligine, degirmenden çykanda sement poroşogynyň temperaturasyna we faktorlara bagly.

Adaty temperaturada gatamak üçin niýetlenen portlandsement üçin opimal ölçeg hökmünde portlandsement gatandan soň birinji 24 sagadyň dowamynda onuň gataýany bilen baglaşýan gipsiň şol uly bolmadyk mukdary alynýar. Ýöne gipsiň artykmaçlygy semenini gidrosulfoalýuminaty hemişelik bolmadyk göwrimini emele getirmegi mümkin TDS 970-61 we TDS 10178-62 BTS üçin önimde edil ýönekeý portlandsement üçin bolşy ýaly SO₂ saklanmagynyň şol bir ýokary çäginde kessgitleýär.

ÇGP üwelende gipsden başga sementiň agramynda 10% köp bolmadyk mukdarda işjeň mineral goşyndylar goşulýar. Ýokary berklikli we çalt gataýan betonlary almak meseleleri diňe bir ÇGP ulanmak bilen çözülmeyär. Bu mesele sementçi – tehnologlar we betonçy tehnologlar bilen bilelikde çözülmeli. Beton zawodynda amala aşyrylýan çäreleriň sanyna şu aşakdakylar deňişli:

1) klinkeriň ýa-da sementiň öl üwelmegi;

2)beton garynda plastikatorlaryň beton garyndysyna goşulmagy;

3)sement hamyryna erediji düzüme ýa-da beton garydysyna doly wibroişjeňlik täsiri

4)elektroaktiwasiýa we ultrases bilen işjeňleşdirmek;

5)öňünden gidratlaşdyrylan semente kristal zatrawkalary goşmak;

6)suw sement gatnaşygy kiçi bolan (kawat 0,35 az) gaty beton garyndylary ulanmak;

7)önümlere forma bermegiň optimal wagtyňy saýlap almak;

8)dykylýan beton garynda edilýän mehaniki täsirleriň optimal işjeňligini saýlap almak dykmak üçin häzirki döwürde dykyzlandyryp dykmak proseslerne, şamplamak we köp ýygylýkly yrgyldama hem-de bu usullaryň bilelikde ulanylýan wibrodykmak, wibropreslemek, wibroşamplamak, üznişsiz wibropakat;

9)ýygylýk we çygylýk bilen işlemegiň optimal režimini saýlap almak.

5.2. Tamponaž sementleri

Nebit alnanda öňinden suw göterýän gatlaklardan nebit göterýän gatlaklary aýyrmaly. Bu maksat bilen nebit guýulary sement bilen tamponirlenýär.

Tamponaž sementlere ediýän talaplar.

1.Suwuň minimal mukdarynda sement ergininiň ýeterlikli akyjylygy. Bu talap sement daşynyň berkligine zyýan ýetirmezden ergini nasos bilen çekip almak mümkinçiligini üpjün etmek zerurlygyndan gelip çykýar. Suwuň goşulmagy sementiň agramyna görä 40-45%bolýar.

2.Berlen akyjylyk üçin gerekli bolan suwuň mukdarynda sement ergininiň tuluşmagynyň kesgitlenen möhleti. Tutluşma tamponirlenme prosesiniň gutarmagyndan öň bolmaly däl we

tamponirlenen tamamlanandan soň mümkin boldugyça çalt gutarmaly.

3. Tamponirmek tamamlanandan soň gatan sement ergininiň ýokary bekligi bolmaly. Görkeziji bolup bu ýerde gatan sement ergininiň iki gündizliginiň egilende berkliginiň çägi bolup durýar.

Tebigy şertleriniň dürliligine görä nebit guýylarynda olary tamponirmegiň şertleri hem dürli hili we bu maksat üçin ulanylýan tamponaž sementler hem dürli.

Eger guýydaky temperatura 40° -dan ýokary bolsa sowuk guýylar üçin diýilýän sementler ulanylýar. Bular ýaly sementiň görnişi bolup üç kalsiýli alýuminata baý bolan portlansement bolup, tutluşmanyň talap edilýän tizligi we içki gatama möhletleri erginiň ýokary berkligini üpjün edýär. Şular ýaly tamponaž sementiň beýleki görnüşleri ownuk üwelenligi bilen tapawutlanýan üç kalsiýli silikaty ýokary derejede saklaýan portlansement bolup durýar.

Örän çuň guýularda 40° -dan 75° -sa çenli temperaturada tamponaž gyzgyn guýylar üçin sementler bilen geçirilýär. Bu sementleriň tutluşmasy haýal bolmaly, sebäbi ol tamponirlenmek prosesiniň soňuna çenli tutluşyp, hereketlenmegini ýetirmegi mümkin. Şonuň üçin üçkalsiýli alýuminat bilen birleşdirilen ýa-da C_4AF ýokary şol bir wagtda ýokary bolmadyk- C_3S -li porlandsement ulanylýar.

Onda ýokary temperaturalarda guýylarda (75° ýokary) örän çuňňur guýylary üçin diýlip atlandyrylýan sementlar ulanylýar; bu sementleriň tutluşma wagty has haýal. Bular ýaly sementler hökminde domna şlagynyň we çägäniň üwelen garyndylary ulanmak eklipl edilýär.

Nebit guýylaryny tamponirmek üçin ýokary udel agramly toýunly ergin bilen guýylary bolan sement ergini ulanylýar. Sement garyndysynyň udel agramyny ardyrmak üçin 40-60% gematit ýa-da barit goşulýar. Bular ýaly semente agraaldylan tamponaž sementi diýilýär.

Tamponaž sementler tebigy gaz gazlyp alnanda gaz guýylarynyň temponirlenmegi üçin ulanylýar. Gazyň esasan hem ýokary basyşly (400at. ýokary) ýataklarynda guýularyň germetizasiýasyna seredilýär. Gazyň çykmagynyň önini almak üçin, ýokary temperaturalarda we basyşda gatan sement garyndysynyň gaz we suw geçirmezligi üçin hem tamponaž sementlere goşmaça talaplar edilýär.

5.3. Toýuntoprakly sement. Toýuntoprakly sementiň himiki düzümi

Toýuntoprakly sement çalt gataýan gidrawliki süýgeşik madda bolup, boksit we hek daşydan düzülen çig mal garyndysyny ereýänçä ýa-da bişýänçä ýakylan we taýar önümden pes esasy kalsiý alýuminatларыnyň köp bolmagyna niýetlenen önüm ownuk ovradylan önüm bolup durýar.

Häzirki döwürde toýuntoprakly sement köp ýurtlarda dürli çig malldan dürli usullar bilen alynýar. Şonuň üçin onuň himiki düzümi giň çäklerde üýtgäp durýar. Sementiň baş okisleri: Al_2O_3 (30-50%), CaO (35-45%), SiO_2 (5-15%) we Fe_2O_3 (5-15%).

Magniý, natriý, kaliý, titanyň okisi we kükürtli angidrit sementiň ikinji derejeli komponentler bolup durýan we onuň düzüminde tötänleýin goşundy hökminde bolýar.

Alýuminiý okisi çig mal garyndysynyň ýeňil eremegini we sementde kalsiý alýuminatynyň emele gelmegini üpjün edýär. Garyndyda Al_2O_3 mukdary 30-32% pes bolmaly däl. Al_2O_3 45-50% bolmaly hem CA-dan işjeňliginde pesligi bilen häsýetlendirilýän CA_2 we CA_6 minerallaryň sistemada ýokarlandyrylan mukdaryny emele gelmegi amatsyz.

Kalsiý okisi onuň düzümine girýän ähli esasy minerallarynyň sementdäki esasy komponenti bolup durýar. CaO saklanmagyna baglylykda toýuntoprakly sementler iki topara bölünýär: ýokary hekli, düzüminde kalsiý okisiniň 40%

ýokary we az hekli 40% az bolan kalsiý okisini özünde saklaýar.

Demir – sementiň düzüminde okis we zakis ýagdaýynda bolýar. Sementde Fe_2O_3 we FeO arasyndaky baglanşyk pejiň gazly gurşawynyň häsiýetine bagly 5-10% Fe_2O_3 sementiň häsiýetine hem, mineral emele gelmek prosesine hem amatly täsir edýär; 15% Fe_2O_3 köp bolsa sementiň hili has peselýär.

Kremniýniň ikili okisiniň 4-5% mukdary şihmanyň gyrađen eremegini üpjün edýär we mineral emele getirmek prosesiniň tamamlanmagyny çaltlaşdyrýar.

Magniý okisiniň 1-2% ýokary toýuntoprakly erginleriň sügeşikliginiň we ereme temperaturasynyň peselmegi netijesinde mineral emele getirmek reaksiýasynyň çalt geçmegini üpjün edýär.

Titanyň ikili okisi toýuntoprakly sementde esasan süýgeşiklik häsiýeti bolmadyk $\text{CaO} \cdot \text{TiO}_2$ (peronskit) mineraly görnişinde 1-3% mukdarynda bolýar, kaliý we natriý okisleri çig mal garyndysynyň ereme temperaturasyny peseldýär, ýöne sementiň hiline otrisatel täsir edýär.

Fosforyň başli okisi uly bolmadyk mukdarda (1% çenli) sementiň hiline täsir etmeýär diýen ýaly P_2O_5 1% köp bolanda sementiň berkligi peselýär.

5.4. Toýuntoprakly sementi öndirmegiň usullary

Toýuntoprakly sementi iki usul bilen alynýar, degişli çig mal garyndysyny eretmek ýa-da bişirmek usullary.

Eretmek usuly .

Toýuntoprakly sementiň öndirmegiň eretmek usuly giňden ulanylýar. Bu şihmanyň ereme temperaturasynyň onuň bişme temperaturasyna golaýlaşýan, şonuň bilen bilelikde bişme prosesiniň kynlaşmagyny kynlaşdyrýan demir oksidiniň

we beýleki ýeňil ereýän garyndylaryň köpisiniň bolmagy bilen bolup geçýär.

Eremek usuly bilen sement öndirlende çig mal komponentleriniň örän ownuk üwelmegi gerekli bolmaýar we onuň düzüminden çöýün we ferrosilisiý görnişinde kremnezýomyň böleklerini aýyrmak şertleri döreýär.

Şihtanyň eremegi dikeldiji we okisleýji sredalarda wagrankalarda, domna peçlerinde, elektrik duga peçlerinde, konwerterlerde we aýlanýan peçlerde geçirilýär.

Toýuntoprakly sement öndürlende birinji erediji agregat suw köýnekli wagranka bolupdyr. Wagranka aşagyna metal plita düşelen, ýokarsy oda çydamly kerpiç bilen futirlenen tegelek kesimli pes şahta bolup durýar. Pejiň aşagy suw bilen sowadylýar. Sowatmak netijesinde metal plitalaryň içki meýdanynda suwamak emele gelýär, ol bolsa ony ýanmakdan gorayar. Pejiň aşagynda oda çydamly material goýulýar.

Wagranka ýokarsyndan, boksit, hek daşy we az külli koksdan ybarat bolan çig mal ýüklenýär. Şihtanyň düzümini bir sydyrgyn etmek we ýakmak proseslerini çaltlandyrmak üçin çig mal komponentleri owradylýar, takyk bölünýär, gowy garyşdyrylýar. Şihta ýuwaşlyk bilen pejiň şahtasy bilen aşak gyzgyn tüsseli gazlara garşy ugradylýar. Howa önünden rekuperatorlarda gyzdrylýar. Çig mal garyndysy wagrankanyň esasy böleginde 1500-1600° temperaturada ereýär, we ergin wagtly wagtynda pejiň esasy gözeneginden geçip, ýörite formada sowadylýar. Sowadylan klinker owradylýar we sement üwelýär.

Eremek prosesinde konsuň uglerody demiri dikeldýär, ony eredip aşaky gatлага göýberýär we aýyrýar kremniý bu şertlerde peçlerde dikeltmek bolmaýar sebäbi wagrankalar eretmek üçin ýokary hilli boksitler ulanylýar.

Wagrankalaryň öndürijiligi gije-gündizde 15-50t 2800-3900 kkal/kg.

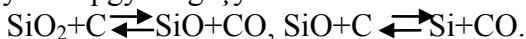
Domna peçlerinde toýuntoprakly klinker we çöýün alnanda çig mal garyndysy şu koponenlerden düzülýär demir boksiti, hek daşy, metallomy we koks. Materiallar pejiň koloşnigine berilýär we şahta: çig mal garyndysy, koks we ş.m. gatlaklar bilen ýörite gurluşyň kömegi bilen salynýar. Şlak we çöýün peçde iki gatlak emele getirýär we ondan wagtal-wagtal aýrylyp durýar. Çykýan şlagyň temperaturasy 1600-1700°bolýar.

Şlak 100-150mm galyňlykly gatlak bilen ýörite çöýün meýdançalarynda sowadylýar.

Bu usul bilen alnanda ulanylýan boksitler demriň dürli mukdaryny özinde saklamagy mümkin, sebäbi demir uglerod bilen dikeldilýär we çöýunyň düzümine geçýär. Kremnezýomyň okisi az dolýar sebäbi bu ýagdaýda hem az kremniý toprakly boksit ulanylmaly bolýar. Donna pejinden çykýan çöýunyň mukdary takmynan alynýan sementiň mukdaryna deň.

Çig mal garyndysynyň eredilmegi güýçli dikeldiş şertlerinde şihtada SiO_2 mukdary köp bolanda ulanylýar.

Elektroduga peçlerinde eremek kremniý kislotasynyň işjeň dikeldilmegi üçin saýlanyp alnan ýörite režim boýunça geçirilýär. Şihtada boksitden, hek daşyndan, metal böleklerinden we koks görnüşindäki dikeldijiden ybarat. Dikeltme reaksiýasy iki tapgyrda geçýär:



Kremniý 1150-1200° temperaturada dikeldilip başlanýar we temperaturanyň artmagy bilen çaltlaşýar. Kremniýniň doly dikeldilmeginiň esasy şerti gysga wagt ýakynlan döwrinde uglerodyň artykmaçlygy we 1800-2000° temperatura bolup durýar. Şonda kremniniň bir bölegi (15% çenli) galan mukdary bolsa dikeldilen metalyň demriniň ergininde ereýär we azkremniýli ferrosilisi emele getirýär. Udel agramy $3,06/\text{sm}^3$ bolan ýokary toýuntoprakly şlak we udel agramy $6,56/\text{sm}^3$

bolan ferrosilsiý peçde gatlaklara bölüýär we aýratyn çykarylýar.

Elektroduga peçlerinde çig mal 20-40mm ölçegli bölekler görnüşinde berilýär, şonda hek önünden CO_2 aýrylýança önünden ýakylýar, boksit guradylýar, käwagt bolsa suwsuzlanýança ýakylýar.

Çig boksitiň we dargamadyk hek daşynyň ulanylmagy pejiň işleýşini ýaramazlaşdyrýar, sebäbi bu materiallar derrew ýokary temperaturaly zolaga düşüp, işjeň dargaýar we bölüp çykarýarn buguň we CO_2 erginde portlamagyna we gysylmagyna getirýär.

Elektrik dugasy peji, üç grafit elektroddan ybarat bolup tegelek kesimli wanna bolup durýar. Çig mal garyndysy wannanyň aşagynda ýerleşdirilen wertikal şahtada gysdyrylýar. Pejiň wannasy futerlenen grafit sterženleri erän massa göýberilen we şonuň üçin olar çalt könelyär. Pejiň ölçegi onuň öndirjiligi bilen kesgitlenýär, ol bir gije gündizde 20-60g çäklerinde üýtgäp durýar. Elektrik duga peçleri okisleýji şertlerde toýuntoprakly sement almak üçin ulanylýar. Bu ýagdaýda şiht kremnezýomyň uly bolmadyk mukdaryny çäkleýär we onuň düzüminde dikeldiji (koks) bolmaýar. Kremnezýomyň şihtanyň ýakylma temperaturasy 1700-1800°.

Eredilen toýuntoprakly sementi aýlanýan adaty peçlerde hem almak bolýar. Çig mal garyndysy pejiň sowuk tarapyndan berilýär we eremezden ön taýýarlanmagyň adaty tapgyrlary geçýär. Erän massa peçden çykýar we forma guýulýar, sowadylýan zolakda erginiň doňmazlygy üçin pejiň önünden massanyň üznüksiz gyzdyrylmagyny amala aşyrýar goşmaça alawly ýörite kamera goýulýar.

Toýuntoprakly sement konwertorly eremek usuly bilen öndirlişi edil eredilen portlansementiňki ýaly. Toýuntoprakly sementi boýunça konwertoryň gije-gündizlik öndirjiligi 100-200t, sementiň 1t mazutyň harçlanylyşy 220kg çenli çykarlanda ereme temperaturasy 1350-1500°.

Bişirilen temperaturasy. Toýuntoprakly sement bişirilme usuly bilen alnanda, materialyň diňe bir bölegi eredilmäge mejbur edilýän 1150-1250° temperaturda boksit we hek daşynyň ownuk üwelen birsydyrgyn garyndysy ýakylanda bolup geçýär. Bu usulda çig mal ýokary talaplar ediyär. Ýakmak usuly bilen bişirmek, düzüminde demir okisleri we kremniý kislotasy ýokary derejede saklaýan boksitler ulanylýar.

Toýuntoprakly sementi bişirmek usuly bilen öndirmek kameraly, halkaly, tunnelli, şahtaly we aýlanýan peçlerde amala aşyrylýar.

Keramiki peçlerde sementiň taýýarlanylş prosesi şular ýaly. Boksit we hek daşy owradylýar we soňundan guradyjy depreklerde guradylýar. Guradylan garyndy separator degirmeninde 008 elekde 4-8% çenli üwelyär. Çig mal uny korreksion silosa barýar we täsir boýunça korrektirlenýär. Ondan soň çig mal garyndysyny silosdan çyglajjy şnege we soňundan prese berilýär. Briketkeleriň ölçegi dürli hili 250-125-65mm kadaly gurluşyk kerpijine çenli ölçegi bolup biler. Ýakylmagyň maksimal temperaturasy 1200-1250°. Ýakylma we guradylmaga ýylylygyň udel harşlanylyşy - elikeriň 1000-1300 kkal/kg gerekli bolýar.

Aýlanýan peçlerde ýakylanda çig mal garyndysy briketlenmeýär we peje gury poroşok we şlam görnüşlerinde berilýär. Peçlerde gazlaryň maksimal temperaturasy 1300-1400° ýokary bolmaly däl. Ony sazlamak üçin kömir ýakmak üçin daşynda topka (peç) gurylmaly, ýangyç garyndysy hökminde kömir we generator gazy ulanmaly suw bugyny üflemeli we howanyň artykmaç koeffisiýentini artdyrmaly. Temperaturanyň has peselmegi şihmanyň bişme prosesini gowşadýar, temperaturanyň 1250-1300° çenli artmagy peçde halka emele gelmegiň artmagyna getirýär.

Toýuntoprakly sementiň we başga önimleriň kompleksleýin öndirilişi. Toýuntoprakly şlagyň we çöýunyň

domna peçlerinde şol bir wagtda öndirlişinden başga toýuntoprakly sementiň we fosfor, kükürt kislotasy we wanadiý ýaly önimleriň kompleksleýin öndirlişi belli. Şol bir wagtda toýuntoprakly sement we fosfor, almak üçin tebigy apatit, boksit we konus başlaşdyrlanda alynýan apatit konsentraty ulanylýar. Şihta edilende elektro peçde fosforyň dikeldilmegi we onuň wozgonkasy bolup geçýär. Galýan toýuntoprakly şlak 2% çenli P_2O_5 we 0,7% F özünde saklaýar. Alynýan sement hili boýunça kadaly toýuntoprakly sementden hem galmaýar.

Hek daşy gips bilen çalşyrlanda şol bir wagtda toýuntoprakly sement we kükürt kislotasy alyp barýar. $CaSO_4$ angidrit koks uglerodyň täsiri bilen SO_2 we CaO bolup çykarmak bilen dargaýar. Kükürtli gaz uçýar we kükürt kislotasynyň gaýtadan işledilmegine barýar, kalsiý okisi bolsa Al_2O_3 we toýunly sementiň minerallaryny emele getirip çig mal garyndysynyň bolsa turşy komponentleri bilen reaksiýa girişýär.

Toýuntoprakly sement goşmaça önim hökminde wanadiý saklaýjy magdanlar gaýtadan işlande hem alynýar. Bu önimçiligiň galyndysy hökminde emele gelýär korund şlagy ýokary kremnezýom toprakly pes hilli boksitler we hek daşy bilen garyşýar we elektrik peçlerde toýunoprakly sement bilen eredilýär.

5.5. Giňelýän sement

Giňelýän portlandsement – gidrawliki berkidiji madda bolup, ol portlandsement klinkerini , ýokary glinzýomly şlaklary, gipsi we aktiw gidrawliki goşundylary belli bir gatnaşykda inçe üweme ýoly bilen alynýar.

Çig mal

Giňelýän portlandsementiň önimçiligi üçin esasy çig mal bolup: portlandsement klinkerini yokaryglinozýomly şlak,

tebigy iki suwly gips we aktiw mineral goşyndylar hyzmat edýär. Aýlanma peçiniň klinkeri 7% - den az bolmadyk mukdarda alýuminatlary we 45% - den az bolmadyk C_3S saklamaly. Klinkerdäki erkin CaO 0,5- % - den we MgO 4 % - den köp bolmaly däl.

Giňelýän portlandsement üçin tebigy iki suwly gips agramy boýunça düzüminde 95% $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ saklamaly. Üwelmäge barýan gipsiň çyglygy 1%-den geçmeli däl. Giňelýän portlandsement önümçiligi üçin aktiw mineral goşyndylar aktiwligi 200mg CaO/g pes bolmadyk çökindi jynslar ulanylýar. Üwelmäge getirilen mineral goşyndynyň çyglygy 2% geçmeli däl.

Fiziki –mehaniki häsiýetnamasy .

Daşky görnüşi boýunça giňelýän portlandsement adaty portlandsementden reňkiniň açykraklygy bilen tapawutlanýar. Normal goýulykdaky hamyryň tutluşmasynyň başy 30 min. ir däl we soňy 12 sag. giç däl.

Berkligine baglylykda giňelýän portlandsement 400,500 we 600 markalara bölünýär. Sementiň markasy 28 gije-gündizden soňra agramy boýunça 1:2 gatnaşykly goýy konsistensiýaly nusgalaryň garylandaky berkliginiň minimal çägi bilen kesgitlenýär.

Giňelýän portlandsementiň berkligi

Sementiň markasy	Gysylandaky berklik çägi, kg/sm^2				Çekilendäki berklik çägi, kg/sm^2			
	1 Gije- gündiz soň	3 Gije- gündiz soň	7 Gije- gündiz soň	28 Gije- gündiz soň	1 Gije- gündiz soň	3 Gije- gündiz soň	7 Gije- gündiz soň	28 Gije- gündiz soň

400	100	190	280	400	12	16	19	23
500	150	260	380	500	15	20	23	27
600	200	300	450	600	18	22	27	32

Soňky wagtlarda arassa berkidijileri biri-biri bilen garyp , kabir gosyndylary goşyp alynýan berkidijelere uly üns berilyar. Bu bolsa ýörite häsýetli sementleri almaga uly mümkinçilik berýär. Kesgitlenen berkidijileri biri-biri bilen goşup, giňelýän sement diýilip atlandyrylýan sementleri almak mümkin.

Portlandsement ýa-da gilinozýom sementi ýokary berk ýa-da gurluşyk gipsi we gidroalýuminatyň massasy boýunça bellenen gatnaşyklarda goşmak arkaly suw geçirmeýän giňelýän sement alynýar.

Bilişimiz ýaly portlandsementden ýa-da onuň görnüşlerinden taýýarlanan betonlar ýa-da erginler howa sredasynda gatanda belli bir derejede kiçelýär, ol bolsa suw geçirijiligi, çäýryk emele gelmäni ýokarlandyrýar. Şonuň bilen baglylykda kiçelmeýän we giňelýän berkidijileri we betonlary almak mümkinçiliklerine seredilipdi.

Häzirki wagtda bolsa giňelýän semendiň köp görnüşleri bar. Giňelýän sementler glinozýomly ýa-da portlandsement esasynda alynýar. Glinozýomly sement esasynda alnan giňelýän sement çalt tutluşýar we gatayar, portlandsement esasynda alnan giňelýän sement bolsa oňa garanda haýalrakdyr.

Betony gerekli beýiklikde göwrüminiň ýokarlanma effektini gazanmak üçin gatamanyň başky periodynyň (1-10 gije-gundiz) berlen semente zerur bolan mukdarda giňelýän goşundylar goşulyar. Gatap başlan garyndynyň göwrümleýin giňelmesiniň görkezijisi köp faktorlara baglydyr ýagny başdaky alnan sementiň görnüşine, onuň himiki we mineral düzümine şeýlede giňelýän goşundynyň görnüşine , garyndydaky komponentleriň gatnaşygyna, goşundylaryň

üwelve derejesine , we beton garyndysynyň gatamagynyň temperatura režimine. Giňelýän goşyndy hökûminde kalsiýniň alýuminaty we sulfaty şeýle-de kalsiý we magniý oksidleri hödürlenýär. Praktikada bolsa köplenç kalsiýniň alýuminatyny we sulfatyny saklaýan materiallar ulanylýar. Häzirki wagtda bolsa sintetiki sulfoalýuminat klinkerleri ulanylýar. Ol 1330⁰

C temperaturada ýakylýar. Bu klinkeriň komponentleriniň biri hem 3(CA). CaSO_4 , ol bolsa suw bilen täsirleşende sementiň giňelmegine getirýär. Bu ýagdaýda giňelýän sementi taýýarlamak adaty portlandsement klinkeri bilen sulfoalýuminat klinkeri we gipsi bilelekde üwemek arkaly amala aşyrylýar.

Ähli gidrawliki süýgeşik materýallar esasynda taýýarlanan sement daşy çökdirip deformasiýa duş edilýär. Bu konstruksiýalaryň monolitligini bozýan beton we demirbeton elementleriň birleşýän ýerleşýän ýerinde jaýrygyň emele gelmegine getirýär. Göwriminiň artmagy bilen häsiýetlendirilýän erginleriň sementi giňelýän diýlip atlandyrylýar. Häzirki döwürde giňelýän sementleriň birnäçe görnüşleri bar:

1) toýuntoprakly sement esasynda: suw siňdirmeyän, giňelýän sement, gipsli-toýuntoprakly we gipsli-şlakly-toýuntoprakly sementler;

2) portlansement esasynda: yönekeý giňelýän, portlansement, giňelýän sement;

Köp ýagdaýlarda giňelýän sement esasynda taýýarlanan sement daşynyň göwriminiň ulanmagyna köp ýagdaýlarda onuň esasy sebäbi, kalsiýniň gidrosulfatalýuminatynyň emele gelmegi bolup durýar. Giňelme effekti bu birleşme emele gelende şu aşakdaky iki shemeda görmek bolýar:

1) suwda erän gips gaty C_4AH_{14} bilen özara täsirleşende bu ýagdaýda kalsiýgidroalýuminat kristalynyň tutýan göwrümünde kalsiý sulfoalýuminatynyň iri kristaly kiçelmeýär;

2)erginde kalsiý sulfoalýuminaty kristallaşanda ýöne emele gelen ýeterlikli gatylygy bolan kristal görnişli karkas sement daşy gatan döwrinde bolup geçýär.

Suw geçirmeýän giňelýän sement ýokarky berkligi bolan ýa-da gurluşyk gipsiň, toýuntoprakly sementiň we ýokary esasan kalsiý alýuminatynyň belli mukdary bilelikde üwelende ýa-da gowy garyşdyrlanda alynýan çalt tutluşýan we çalt gataýan gidrawliki süýgeşik bolup durýar. Giňelýän sementiň bu görnişi W.W.Mihalkow tarapyndan işlenip düzülen. Onuň optimal düzümi : toýuntoprakly sement 70-75%, ýarym suwly gips 20-22%, kalsiý gidroalýuminaty 10-11%. Ýokary esasy kalsiý gidroalýuminatynyň $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ düzümi 30% suwda puşonka heki bilen toýuntoprakly sement bilen garylan garyndysy 120-150° temperaturada 5-6 sagat gidrotermal işlenende alynýar. Tokgalanan görnişinde alnan önüm 100-120° guradylyar we N008 elekde 30% galynda çenli owradylyar. Sementiň hemme iç komponentleri 20-30 min. dowamynda şar görnüşli degrimende amala aşyrylyar.

Sementiň üwelme ownuklygy N02 we N008 elekde galan galynda laýyklykda 12 we 25% galyndylar bilen häsiňetlendirilýär. Sementiň tutluşyp başlaýan wagty 4min ir bolmaly, soňy bolsa 10 min. giç bolmaly . Tutluşmagyny z.s.b sirke we winnodaş kislotalaryny, burany goşup 5-8 gezek haýalladyp bolýar. Arassa hamyrdan (1:0) alnan seçgiler goşylanda berliginiň çagi şu ululuklardan pes bolmaly däl: 6sag-75kg/sm² , 3g/g -300kg/sm² , 28g/g-500kg/sm² seçgiler 1g/g soň gatandan 6dm gidrostatiki basyşda doly suw geçirmeýän bolmaly. Seçgileriň giňelýän döwri 1-3g/g deň bolmaly ýöne esasy giňelýän birinji gije gündizde bolup geçýär. Otnositel çyzykly giňelme 0,02-1,0% çäklerinde bolýar we komponentleriniň gatnaşygynyň üýtgemegi bilen sazlanýar sementiň udel agramy 2,85-2,876/sm³ göwrimleýin sementiň bolsa 1,46/sm³. Sementiň kemçiligi çalt tutluşmak we

bahasynyň arzanlygy hem-de onuň esasyndaky önimleriň aýaza çydamlylygynyň pesligi.

Bu sement dargan demirbeton we beton konstruksiýalar dikeldilende desganyň elementleriniň arasyndaky suw geçirmeýän: tikiňleri edilen şahtalaryň, tonnelleriň gidroizolasiýalaryň, ýer asty we suw asty desgalar gurlanda gidroizolýasion örtük hökminde ulanylýar.

Gipsli toýuntoprakly giňelýän sement - ýokary toýuntoprakly şlak we iki suwly tebigy gips bilelikde üwelende ýa-da garyşdyrlanda alynýan çalt gataýan gidrawliki süýgeşik maddalar bolup durýar.

Garyndyda gipsiň saklanmagy takmynan 30% üwelen sementiň N008 elekte galan galyndysy 10% köp bolmaly däl. Onuň tutluşyp başlaýan wagty 20 bolmaly däl, soňy bolsa garylandan soň 4 sagatdan gijä galman gatamaly. Bu sementiň 3 markasy bar: 300, 400 we 500. Arassa sement hamyrynyň seçgileri gatandan bir g/g geçirmeli däl. Giňelmek efektiniň ýüze çykmagynyň zerur şerti gipsli toýuntoprakly sementiň seçgileriniň suwda saklanmagy bolup durýar. Howa şertlerinde gatanda çökdiriji deformasiýalar bolup geçýär. Birinji 1-3g/g gatanda giňelmek tamamlanýar. Çyzykly giňelmegiň otnositel ullulygy 0,1-1,0% 90-100° temperatura interwalynda bugardylanda önimleriň berkligi artýar, ýöne giňelmek ululygy kiçelýär.

Gipsli toýuntoprak sement çökmeyän we suw geçirmeýän giňelýän garyndylary betonlary we podwallaryň gidroizolýasiýasy üçin ştukaturkasyny almak üçin niýetlenen.

Giňelýän portlandsement portlandsementli klinker, ýokary toýuntoprakly şlak, gips we işjeňleşen gidrawliki goşyndylary birlikde üwemek ýoly bilen alynýan süýgeşik gidrawliki madda bolup durýar. Garyndyda aýry komponentleriň saklanmagy şu çäklerinde bolýar: portlansement 60-65% toýuntoprakly şlak-5-7% ikili suwly -7-10% gidrawliki goşyndy 20-25% portlansement kalsiý 7% az

bolmadyk we C_3S 45% köp bolmadyk düzümini özinde saklaýar. Goşundy hökminde trepel, bentonit, opoka we beýleki maddalar 200ml az bolmadyk işjeňligi bolan maddalar ulanylýar. Semente gidrawliki goşyndynyň niýetlenilişi - C_3S gitratlaşanda bölünip çykýar kalsiý okisini siňdirmek we kalsiý alýuminatyny ýokary ereme tizligini üpjün etmek we kalsiý girosulfoalýuminatyny emele getirmek.

Onuň tutluşmagasy 30 min. geçmezden başlamaly, soňy bolsa garyşdyrlandan soň 12 sagat geçmänkä başlamaly. 1-28g/g suwda arassa hamyr seçgi suwda gatanda çyzykly giňelmegi 0,15-1,0 bolmaly.

Giňelýän portlansement çökmeýän we giňelmeýän suw geçirmeýän erginler we betonlar alnanda dürli tikiňler düzülide demirbeton detallary we konstruksiýalary taýýarlananda ulanylýar.

Dartgynly sement dürli ugurlarda armaturasy goýulan ýörite demirbeton önimlerini taýýarlamak üçin niýetlenen. Armaturanyň dartgynlygyny emele getirýän güýç sement daşy giňelende emele gelýär. Bu ýagdaýa öz dartgynlygy, demirbetona bolsa özi dartylan diýilýär. Şular ýaly aşokly armaturany naprýaženiýasyny mehaniki usul bilen ýerine ýetirmek. Uly kynçylyklar bilen baglanyşykly.

Dartgynly sement portlandsementiň klinkeriniň 65% toýuntoprakly sementiň şlagynyň 20% we gipsiň 15% ybarat bolan ownuk üwelen garyndy bolup durýar. Tutluşma 2-5min geçenden soň başlanýar, soňyny bolsa garylandan soň 4-7min geçenden soň görmek bolýar. Tutluşmasyny gowşadyjylar - s.s.b we trinnodaşly kislota. Bir gije-gündizki suwda gatan seçgilleriň berkligi $200-300\text{kg/sm}^2$ bolýar. Dartgynly sement önimleriniň otnositel çyzykly giňelmegi 3% ýetýär. Giňelmeginiň sebäbine kalsiý gidrosulfoalýuminatynyň üç sulfatly formasynyň emele gelmegi hasaplanýar. Giňelme prosesi 5-6 sagadyň dowamynda $60-100^\circ$ temperatura interwalynda önimler bugardylanda işjeňleşýär. Armaturany

uly öz dartgynlygynyň ululygyny almak üçin gaty erginleri ulanmaly. Basyş ululygy bu sement gatanda $90-100 \text{ kg/sm}^2$ ýetýär. Önimler ýokary suw geçirmeýänligi bilen häsiýetlendirilýär.

Olar keseligine we dikligine goýlan armaturly basyşly demirbeton turbalary taýýarlamak üçin ulanylýar. P.P.Budnikow oşgärleri bilen giňelýän sementleriň birnäçe görnüşleriniň aşakdaky düzümlerini taýýarlady.

1) Portlandsement (93-94 %) we 800^0 - 900^0 ýakylan dolomit ýa-da magnezit (3-7%)

2) Portlandsement (85-95%) we 800^0 ýakylan kaoliniň heki we gipsi garyşdyrmak ýoly bilen alnan giňelýän goşundy (5-15%) ;

3) Toýuntoprakly sement (48), duwurlanan esasy domna şlagy (25%) we iki suwly gipsi (30%) garyşdyrmak bilen alynýan gipsli- şlakly- toýuntoprakly sement .

4) Estrih–gipsisli ýa-da angidritli sement 900^0 ýakylan dolomit bolanda toýuntoprakly sement bilen garyşdyrлан önüm.

Portlandsementde giňelýän goşundy hökümünde toýunly gips (gaza) alýuminiý sulfidi, kükürtturşy alýuminiý we başga maddalar ulanylýar.

5.6. Romansement. Çig mallar. Önümçilikde häsiýeti we ulanylyşy

Romansement önümçiligi üçin çig mal hökmünde mergel ulanylýar. Romansementiň gidrawliki moduly 1,1-1,7 çäklerinde bolýar, bu bolsa sementiň düzüminde gidrawliki hekden we portlandsementden, toýunsow maddalaryň köpdigine şaýatlyk edýär.

Materialy bişme ýagdaýyna çenli eltýän ýokary bolmadyk temperaturada, ilkinji silikatlar we kalsiý alýuminatlary emele gelýär.

Romansement esasan aşakylardan durýar:

$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $5\text{CaO} \cdot 3 \text{Al}_2\text{O}_3$,
 $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ we MgO

Romansementde toýunsow garyndylar bolup, ol ýeterlik ýakylmadyk ýagdaýynda onuň düzüminde baglanyşmadyk hek bolýar. Aýratyn ýagdaýlarda dargamadyk kalsiý karbonatynyň hem bolmagy mümkin.

Romansement önümçiliginde hekli ýa-da magnezial mergel ulanylýar, mergeliň düzümindäki magniý okisi bolsa taýýar önümiň häsiýetlerini giň çäklerde üýtgedýär.

Çig malyň himiki düzüminden başgada roman-sementiň häsiýetlerine çig malyň gurluşy, häsiýeti we dürli garyndylaryň saklanylyşy, kwars goşundylaryň ölçegleri hem uly täsir edýär.

Ýokary hilli roman-sement düzüminde az mukdarda magnezial garyndy saklaýan mergelden alynýar. Dolomitizirlenen mergelden taýarlanan sement şeýle-de dolomitli sement adyny görterýär.

Romansementiň tutuşmasyny haýallatmak we häsiýetlerini gowylandyrmak üçin üwelende onuň düzümine 5% çenli gips goşulýar. Şeýle-de roman-sementiň düzümine 15% çenli gidrawliki goşundylar girizilýär. Gips 5%-den köp goşulanda ýokary birlikli gipsli roman-sement alynýar.

Roman sementiň önimçiligi. Roman-sementiň önimçiligi esasan ýakmakdan we ýanma önimi üwemekden ybaratdyr. Ýanma temperaturasy çig malyň düzümine we gurluşyna baglydyr. Magnezial garyndy az mukdarda bolanda ýanma temperaturasy $1000-1100^0$ çäklerinde bolýar. Bu temperatura magnezial mergeller üçin ýokarydyr, sebäbi magneziýa gaty güýçli ýanýar we gidrotasiýa has ukyplydyr. Şonuň üçin şeýle mergeller ýakylanda temperaturany $800-900^0$ çenli peseltmeli.

Roman-sementi ýakmak üçin köplenç şahta peçleri ullanylýar(seýrek ulanylýany kameraly we Gofman peçi).

Şahta peçlerinde ýakylma sepelenme görnüşinde amala aşyrylýar. Şeýle-de aýlanma peçleri hem ulanylýar.

Mergelli ýataklaryň ýok raýonlarynda roman-sementiň önümçiligi düzüminde hek daşy ýa-da mergelli hek daşy we toýundan düzülen emeli çig mal garyndysyndan alynýar. Bu ýagdaýda çyg materýallary owratmak, garmak we formalamak amala aşyrylyp briket taýýarlanýar we şahta peçine ýüklenilýär.

5.7. Pussolan sementler

Gidrawliki goşundylar (işjeň mineral goşundylar) kesgitleme we klassifikasiýa. Kompozision (garyşyk) sementler alnanda taýýar önümiň düzümine mineral maddalar-goşundylar girizilýär. Olar işjeň we inert (mikrodoldurjylar) görnüşlere bölünýär. İşjeň goşundylar öz gezeginde köplenç gidrawliki diýilip atlandyrylýar, turşy goşundylara we esasy-düwürlenen domna şlaklary we belitli (nefelin) çalma bölünýär;

Gidrawliki goşundylar tebigy ýa-da emeli maddalar bolup olar howaly hekli ownuk üwelen görnüşlerde garyşdyrlanda gidrawliki gatamaga oňa ukyplylygy berýär. Portlandsement bilen garyşdyrlanda bolsa onuň arassa we sulfatly suwlarda çylşyrymlylygyny artdyrýar. Poroşok görnüşli ýagdaýynda suw bilen garyşdyrlanda gidrawliki goşundylar özi gatamaýar. Gidrawliki goşundy gelip çykyşy boýunça şular ýaly toparlara bölünýär.

Aşakdaky tablisada sanalyp geçilýän goşundylaryň kalsiýniň gidrat okisi bilen özara himiki taýdan täsirleşmäge girmäge ukyply işjeň maddanyň köp mukdary özünde saklaýar. Diotomit, trepel, opoka we kremniýtoprakly zyňyndylardaky şular ýaly maddalar suwly işjeň kremniýalýumsilikatly aýna we köýdirilen toýunly madda (gilinit, semýanka, gliýožlar alynyp gidirilýän kül we ýangyç şlaklary), metakaolinit we işjeň

gilinozýom saklaýan goşundylar bolup durýar. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ gidrawliki goşundylaryň işjeň maddasy bilen özara täsirleşme pussolanizasiýa reaksiýasy diýilýär; Şonuň üçin hem düzüminde gidrawliki goşundysy bolan sementlere pusslan diýilip atlandyrylýar. Gidrawliki goşundylar pusslanly portlandsementler hekli pussolanly sementler taýýarlananda hem-de betonly garynda goşundy hökiminde ulanylýar.

Tebigy goşundy		Emeli goşundy
Wulkandan emeli gelýän	Çökindi hökiminde	
Wulkanyň küli Pusslanlar Wulkan turşy Trasslar Pemza	Diatomitler Trepeller Opokalar Gleýežlar (ýakylan tebigy toýunlar)	Köýdirlen toýunly minerallar (gilinitler semýaklar we ş.m) İşjeň kremniý toprakly zyňyndylar ýanan jynslar Turşy giriller we ýangyç şaklary Alnyp gidilýän gurum

Wulkandan emele gelen goşundy. Wulkanlaryň atylmagy örän köp ýagdaýlarda kraterden owunuk tozan görnüşli lowanyň (läbik) bölejikleri ýa-da dag jynslarynyň maýda ýakylan bölejikleriniň zyňylmagy bilen bolup geçýär. Bu bölejikler uly bölekleri wulkanyň gerişlerine düşýär. Ownuk bölejikleri bolsa käwagt bulut görnüşinde onlarça kilometre ýaýrap gidýär. Bu bulutlardan wulkan küli düşýär we wagtyň geçmegi bilen dykzlaşýar. Eger wulkanyň küli wagtyň geçmegi bilen döwülen-tozgalanan gurluşyny saklanda, oňa pussolana diýilýär, eger-de ol ikilenji prosesleriň netijesinde öýjükli daş görnüşli jynsa öwrülende, oňa wulkanly tuf diýilýär, örän dykz daş görnüşli gurluşyna- trass diýilýär.

Pemza bir ýagdaýlarda wulkanyň atyp çykaran tozgalanan önümiň beýleki ýagdaýlarda bolsa läbigiň sowan

prosesinde gazlaryň güýçli bölünmegi bilen güýçli köpürjiklän läbigiň doňan görnüşi bolup durýar.

Ähli wulkanyň gidrawliki goşundylary öz düzüminde köp kremnezým we glinozým saklaýar. Himiki düzümi boýunça olar köplenç çuňňur dag jynslaryna meňzeş bolup, olaryň turşy tiplerine degişli. Käwagt olarda (mes, trasslarda) himiki taýdan baglanyşykly suwuň bardygy kesgitlendi.

Wulkan goşundylarynyň işjeňligi onuň himiki düzüminden başga köp derejede, onuň emele gelende jynslaryň sowamak prosesinde çalt geçmegine hem bagly: jyns näçe çalt sowasa, onuň işjeňligi şonça-da ýokary.

Çökündi görnüşinde emele gelen goşundylar:

Bu toparyň goşundylaryndan diatomitleriň we trepelleriň has uly ähmiýeti bar, opokanyňky bolsa azrak.

Bu materiallar opalolit diýlip atlandyrylýan amorf görnüşinde esasan erkin kremnezýemdan ybarat bolan jynslara degişli.

Diatomitler-fitogen görnüşli, olar diatom suwotlarynyň sowutyndan ýa-da olaryň böleklerinden ybarat. Trepel diatomitlere gara ikilenji jyns bolup durýar.

Mikroskopyň aşagynda seredilende olaryň esasan ownuk tegelek “opal jisimleriň” birnäçe mün ölçegli bölejiklerinden durýar. Diatomitleriň saklanyp galan söwütleri olarda bolmaýar ýa-da olar örän az saklanýar. Opoka sementlenen opal bilen biri-biri bilen galtaşýan amorf kremnezeýemyň ownuk tegeleklenen bölejiklerden ybarat bolan apololitleriň gaty görnüşleri bolup durýar. Trepeller diatomit we opoka bilen deňeşdirilende işjeňligi uly.

Daşky görnüşi boýunça diatomitler we trepeller bir-birinden tapawutlanmaýar: olar açyk goňur ýa-da sarymtyl, käwagt bolsa organiki madda bilen goýy reňke boýalan görnüşinde. Olar ýeňil, öýjükli, unjymak, aňsat üwäp ownuk poroşok alyp bolýar, guran ýagdaýynda çyglylygy çekip alýar. Opokanyň gury ýagdaýda öwürümleýin agramy ortaça 1,40,

trepel-0,85 we diatomit – 0,75 g/sm³. Diatomitler we trepeller suw bilen garylada ýeňil açylýar, şonda trepel (diatom) süýdi berýär. Eger iri goşundylary bolmasa trepeliň taýýarlanýan prosesinde ony beton garynda goşmak bolýar.

Çökündi görnüşli goşundylaryň pussolanizirleýji täsiri onda bar bolan amorfly kremnezýemy suwuň gatnaşmagynda heki gidrosilikat kalsiý bilen baglaşdyrmaklyga esaslanýar.

Işjeň kremniýtoprakly zyňyndylar. Bu galyndylary kükürt turşy alýuminiý önümçiliginde toýundan alynýar. Oda çydamly degidratlaşan toýuny kükürt kislotasy bilen işlenende glinozýem ergine geçýär, kremnezýem bolsa gidrawliki goşundy hökmünde ulanylýan garyndyda saklanýar. Şular ýaly garyndy CO₂ gatnaşmagynda hlormak usuly bilen kaolinden AlCl₃ önümçiliginde alynýar.

Gliniit tipli gidrawliki goşundy: Ýakylan toýunly materiallar gadyndan bäri belli bolup ulanylyp gelinýär, olar howaly heke gidrawliki goşundy hökmünde ulanylýar. Esasan bu maksat üçin owradylan kerpiç we keramika döwürleri ulanylýardy. Rewolýusiýadan öňki Russiýada şular ýaly materiala samýanka diýilýärdi. Onuň işjeňligi ýokary däl; toýunly ýörite bu maksat üçin ýakylan glinit diýlip atlandyrylýan materiallarda ýokary.

Ýokary hilli glinit almak üçin ýäterlikli ýokary derejede saklanýan kaolinitli – Al₂O₃*2SiO₂*2H₂O (12-15% az bolmadyk Al₂O₃) toýuny almaly we ony 600-800⁰ temperaturada ýakmaly.

Toýunlaryň köpisi üçin bu temperatura ýakmak üçin optimal bolup durýar; onuň artmagy we aşak düşmegi bilen glinitniň işjeňligi peselýär.

Ýakylan mergelli ýa-da emeli mergelizirlenen toýundan alynýan glinitniň görnüşine mergelit diýilýär. Sement taýýarlananda mergelit kadaly glinitden hekiň köp goşylmagyny talap edýär.

Glinitin pussolanilizirleýji täsiri ýokarky görkezilen temperatura interwalyndan ýakylanda ýokary bolsa kaolinit, hek bilen özara täsirleşmäge ýeňil we uly himiki işjeňligi bolan kaolinitli angidride- $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ geçýär.

Käbir ýangyçlaryň külleri. Ýangyjyň gaty görnüşleriniň kä biriniň mineral bölegi himiki düzümi boýunça toýunlara golaý, şular ýaly ýangyç ýakylandan soň alynýan külün gidrofob goşyndy ýaly häsiýete eýe bolýar.

Bu toparyň goşyndylarynyň arasynda alnyp äkidilýän külün uly ähmiýeti bar, ol gaty ýangyç ýakylanda tozan görnişde alynýar we ýanyjy gazlardan elektro filtrler we başgalar kül tutujy gurluşlar bilen tutylyp alynýar.

SSSR-iň ýylylyk elktrostansiýalarynda daş kömrün alnyp gidilýän küli, olaryň düzüminde SiO_2 we Al_2O_3 birden bolýanlygy bilen häsiýetlenýär. Daş kömriň alnyp gidilýän külüniň düzümi: SiO_2 -45-60%, Al_2O_3 -20-30%, Fe_2O_3 -5-10%, CaO -3-6%, MgO -0,5-3,0%, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ -0,3-4% çäklerinde üýtgäp durýar.

Alnyp gidilýän küli üwemek üçin çykdaýy gerekli bolmaýar, sebäbi ol örän ownuk dispers material bolup durýar. Eger düzüminde ýanmadyk kömrün bölejikleri köp bolanda , külün suw talap ediljiligi uly däl.

Onuň işjeňligi hem ýokary däl ol inert we işjeň goşyndylaryň arasynda aralyk ýagdaýy eýeleýär. Külün pussolanilizirleýji effekti diňe gatamagyň soňky möhletlerinde ýüze çykýar.

Ýanan jynslar iki topara bölünýär:

1) Kömür gatlaklarynda ýerastynda ýanmak netijesinde alnan ýanan jynslar (“gorelnik” ýa-da “gliýož”) we 2) kömür şahta zyňylyan ýerinde boş jynslaryň esasy düzüm bölegi köýdürilen toýun bolup durýar. Bu jynslaryň hili gidrawliki goşundy ýaly olaryň düzümi we ýakylýan şertleri bilen kesgitlenýär.

Gidrawliki goşundylaryň hilini bahalamak (işjeňligini), hilini bahalamak köplenç hekli erginden olaryň heki siňdirmegi we çişme ululygy boýunça geçirilýär. Tipli gidrawliki goşundylardan aşakdaky netijeler alynýar: (birinji sanlar 15 titr üçin 1g goşunda CaO hekiň mg siňdirilmegini , ikinjisi – 30 g/g-de 2g goşunda sm^2 çişme ululygyny häsiýetlendirýär)

Goşundylaryň işjeňligini bahalamak Gipsement hekpusonkanyň 20%, goşundynyň 80% we suwuň degişli mukdaryndan kadaly goýulygy bolan hamyry taýýarlamagy we ondan tutluşan seçginiň suwa çydamlylygyny we onuň tutluşma wagtyny kesgitleýär. Hamyryň tutluşma wagty näçe çalt tutluşsa goşundy şonça-da işjeň . Hamyr tutluşandan soň üç g/g dowamynda suwda saklananda ýuwulmaly däl.

Işjeňlikden başga, gidrawliki goşundynyň hilini bahalamakdan başga olaryň suw siňdirijiligi bilen hem hasaplaşmaly. Takmynan deň işjeňligi bolan birnäçe goşundydan in az gymmatlylygy bolan in uly suw talap edijiligi bilen häsiýetlendirýän goşundylar bolup durýar: Şular ýaly goşundyly hekli- pussolan sementleriň howa we aýazaçydamlylygynyň azlygy pussolan portlandsementler sementiň harçlanyşynyň artmagy bilen beton garyndysynyň berlen süýşmekligi üçün edýär. Trepelleriň we diatomitleriň suw talap edijiligi örän uly.

5.8. Pussolan portlandsementi. Pussolan portlandsementiň taýýarlanylşy

Kesgitlemesi we düzümi: Pussolan portlandsement diýilip portlandsement klinkerini, turşy aktiw mineral goşundyny we iki suwly gipsi bilelikde ownuk üwemek ýoly bilen alynýan berkidijilere aýdylýar.

Önümiň häsiýetlerini we tutluşma möhletlerini sazlamak üçin gips goşulýar, ýöne taýýar sementde SO_3

saklanmagy 3,5 % ýokary bolmaly däl. Sement klinkeri we gidrawliki goşundynyň arasyndaky gatnaşyk birinji nobatda soňkynyň işjeňligine bagly: ol näçe ýokary bolsa, şonça-da az goşundy goşulýar. Şonda klinkeriň minerologoki düzümi hem hasaba alynýar.

Sementiň düzümine ýokary işjeň goşundylar bilen deňeşdirilende az işjeň goşundylaryň ýokarlandyrylan mukdary şu sebäplere görä goşmaly. Gidrawliki goşundy näçe az işjeň bolsa, ol şonça-da az kalsiýyň gidrat okisini baglaşdyryp bilýär.

TDS 10178-62 laýyklykda pussolan portlandsementlerinde gidrawliki goşundylaryň saklanmagy şu çäklerde bolmaly: wulkandan emele gelýän goşundylar-25-40%, çökündi görnüşli goşundy-20-30%; köýdürilen toýun, gliýeň, ýangyç küli -25-40%.

Pussolan sementleri ýerasty we suwasty beton we demirbeton desgalarda ulanylýar. Ýerüsti desgalarda bu sementleriň artykmaçlygy ýok.

Gury klimatly etraplarda olar portlandsemente görä ýokarlandyrylan çökdirijili deformasiýaly we howa çydamlylygy az bolanlygy sebäpli pes ölçeýär. Bu sementler köp sapar çyglylygyň we guramagyň, doňmagyň we eremegiň üýtgäp duran şertlerinde ýerleşýän desgalaryň böleklerini taýarlamak üçin ulanmaga az ýaramly. Gys şertlerinde betonlamak üçin ýokary markaly pussolan sementleri ulanmaly. Pussalan sementler ulanylanda olaryň häsiýetleriniň köp derejede semente goşulýan gidrawliki goşundylaryň tebigatyna bagly. Şoňa görä pussolan portlandsementiniň her görnüşini öz ady bilen çykarmaly meselem: trepel portlandsementi, pemza portlandsementi, gliyeň-portlandsementi we ş.m.

Bu sementi öndürmek üçin klinkerdäki üçkalsiý alýuminatynyň saklanylyşy 8%-den köp bolmaly däl.

Bu sementde aktiw mineral goşundylaryň saklanylyşy aşakdaky ýaly: çökündi jyns görnüşinde 21-den az däl we 30-

dan köp däl; ýakylan toýun, ýangyjyň küli 25-den az däl, we 40%-den köp däl.

Pussolan portlandsemente gips onuň tutluşma wagtyny, sazlamak üçin goşulýar. Onuň mukdary portlandsement klinkeriniň hiline bagly we ol 35%-den geçmeli däl.

Pussolan portlandsement üçin ýokary aktiwligi bolan turşy mineral goşundylar ulanmak amatly. Pussolan portlandsementi adatça doly tehnologiki siklli ýagny portlandsement klinkerini alynýan sement zawodlarynda taýynlaýarlar.

Aktiw mineral goşundylar owradylmadan we guradylmadan soňra degirmeniň aýratyn bunkerine berilýär. Bu ýerden dozator-ýomitlendirijileriň üsti bilen degirmene gelýär, ol ýerde aktiw mineral goşundy klinker we gips bilen bilelikde üwelýär. Klinker bilen goşundylaryň aýratyn üwelmegi bähbitsiz hasaplanýlar, sebäbi önüm aýratyn üwelip garylanda gowy netije bermeýär.

Biz agregatda ähli komponentler bilelikde üwelende pussolan portlandsementi üwemegiň tehnologiki shemasy klinkerleýji sehiň tehnologiki shemasyna meňzeş, ýöne gidrawliki goşundylary önüm düzümine 10-15% edil portlandsement öndürilendäki ýaly goşundy 20-40% goşulýar. Portlandsement klinkeriniň gidrawliki goşundylarynyň we gipsiň bilelikde üwelmegi hem edil portlandsement klinkeriniň üwelende ulanylýan ýaly degirmenlerde geçýär. Şonda degirmenleriň öndürilijiligi önümiň bölünijiligine we goşundynyň göwrümleýin agramyna we onuň otnositel saklanmagyna bagly.

Goşundylary gazyp almak, owratmak we guratmak boýunça çykdaýjylar klinker almak üçin edilýän çykdaýjylardan az. Bu sebäpli pussolan sementiň özüne düşýän bahasy portlandsementinden pes. Ýerli şertlere baglylykda özüne düşýän bahasyny goşulýan goşundynyň her prosentine

0.2-0.8% bolýar. Ondan başgada gidrawliki goşundyny eger beton garyndysyna, onuň taýýarlanylýan

prosesinde goşmak hem ulanylýar. Ol iki usul: öl çökdürmek we gury ownuk poroşok görnüşindäki goşundyny goşmak bilen geçirip bolýar.

Öl çökdürmek üçin esasan trepel we diatomitler ulanylýar. Olar käbir ýagdaýda suwda ýeňil dargaýar, olaryň trepel (diatom) süýdüne öwürilmegi ýönekeý uweýji agregatlarda geçirilýär. Bu süýt beton garaşdyryja beýleki materiallar-sement doldurjylar bilen bilelikde goşulýar.

Gury usulda betona goşundy goşulanda olar üwelen görnüşinde merkezleşdirilen üweýli desgalarda alynýar. Ulanylmazdan öň olar doly birsydyrgyn garyndy alýança yzygiderli garyşdyryjyda portlandsement bilen öňünden garyşdyrmaly. Olary gury ýagdaýda betongaryşdyryja göni goşmak rugsat edilýär. Onuň üçin reňke ilki bilen sement we goşundy salynýar we betona goşulmaly suwuň mukdary bilen 2-2.5 min. dowamynda garyşdyrylýar, ondan soň doldurjy goşulýar we garyşdyrylýar.

Beton garyndysyna inçe dispers alnyp gaýdylýan küli beton garyndysyna gury goşmak örän perspektiw hasaplanýar. Betondaky sementiň bir bölegini alyp gidilýän kül bilen çalşyrmak köp ýagdaýlarda betonyň hili üçin zyýansyz 25% sementi tygşytlaý bolýar. Kül goşulanda beton garyndysyny suw talap edijiligini artdyrmaýar, çökmekligi artdyrmaýar we gatamagyň başlangyç döwründe ýylylyk bölünip çykmagyny has peseldýär. Sementiň bir bölegi alnyp gidilýän kül bilen çalşylanda beton garyndysynyň süýsmegi köp ýagdaýlarda külsiziňkiden has ýokary bolýar. Bu külüň bölejikleriniň sfera formasynyň bolmagy we ereýjiligi bilen düşündirilýär. Alnyp gidilýän küle aşakdaky talaplar edilýär: a) SiO_2 40% köp bolmagy; b) SO_2 3% köp bolmadyk düzümi; w) ýanmadyk kömrüň bölejikleri 10% köp bolmadyk; g) kül sementiň göwrüminiň üýtgemeginiň deň bolmazlygyny emele getirýän

mukdarynda erkin CaO saklanmaly däl. Beton garyndysyna goşundy hökmünde alnyp gaýdylýan kül ornuna üwelmän ulanylanda NO₂ elekde 5% bolmadyk galyndy N008 elekden bolsa 60% az geçmegini goşmaça talap edilýär.

Pussolan portlandsementiň gatamagy bu sement gatanda iki hili proses bolup geçýär: Birlenji sement bölejikleriniň gidrotasiýasy bu gidrolizi bilen bolup geçýär, we ikilenji gidrawliki bilen işjeň maddalaryň kalsiý okisiniň gidraty we kalsiýniň gidroalýuminatlary we ýokary esasly gidrosilikatlary bilen täsirleşmek netijesinde täze emele getirmeleriň suwly sinteziniň jemi bolup durýar.

Pussolan portlandsementiň tutluşýan we başlangyç gatap başlaýan döwründe bolup geçýän birlenji prosesler edil portlansement gatandaky ýaly: üç we ikikalsiýli silikatlar C₂SH₂ gidrosilikatyň tobermorite meňzeş gidrosilikatlaryň CSH (B) emele gelmegi we Ca(OH)₂ bölünip aýrylmagy bilen üç we iki kalsiýlisilikatlar gidratlaşýar. Kalsiý alýuminatlarynyň we alýumoferritleriň gidratasiýasy gidrosulfoalýuminatlaryň we ýokary esasly suwly alýuminatlaryň we kalsiý alýuminoferritleriň emele gelmegine getirýär.

Gataýan seamentiň düzüminde gidrawliki goşundynyň bolmagy birlenji proseslerde hil taýdan üýtgemeyär. Ýöne gidratasiýa tizligi şonda başgaça bolar. Gataýan önümde gidrawliki goşundylaryň köp mukdarda (20-40%) bolmagy süýgeşik maddanyň esasyny düzýän klinkeri däneleri suw bilen çalt täsirleşýär. Gidrawliki goşundylaryň çaltlandyryjy täsiri goşundynyň bölejiklerini klinkeriň aýratyn ownuk däneleriniň arasynda ýerleşip giňişlikde bir-birden aýrylýar. Şonda emele gelen giderotasiýa önümi uly göwrümünde bolmaýar. Ondan başga-da gidrawliki goşundy kalsiý gidrat okisi bilen himiki taýdan özara täsirleşip, ondan reaksiýanyň sferasyndan aýyrýar we şeýlelik bilen üç kalsiýli silikatnyň gidrotasiýasy çaltlandyryýar.

Pussolan sementiň gatamagynyň ikilenji prosesleriniň gidrawliki goşundylaryň işjeň maddasy sement klinkeriniň gidrotasiýa önümleri bilen ilkinji nobatda kalsiý okisiniň gidraty bilen özara himiki täsirleşýändiginde bolup durýar. Eger goşundy işjeň kremnezýom bilen baýlaşan bolsa, onda özara täsirleşmegiň netijesinde CSH(B) seriýaly kalsiý gidrosilikaty emele gelýär.

Proses edil $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ sistemasynda Ca(OH)_2 kremnegeliň gaty fazasy sintezlenşi ýaly bolup geçýär. Bu prosesiniň netijesinde gataýan sementiň suwuň fazasy heke garyplaşýar; bu CSH(B) emele gelmegi bilen hem-de ýokary esasy kalsiý alýuminatlarynyň gidrolizine we olaryň pes esasy gidroalýuminatlara geçmegine getirýär.

Gidrogranatlar ýokary basyşda bugardylanda aňsat emele gelýär.

Pussolan sementiniň gatan önümleriniň soňky düzümi portlandsementiň gatan önümleriniň düzüminden has tapawutlanýar: birinji ýagdaýda kalsiý okisiniň erän gidraty, ýokary esasy gidrosilikat C_2SH_2 we ýokary esasy gidroalýuminat C_3AH_6 bolmaýar. Bular pussolan sementleriň arassa we sulfatly suwlarda örän ýokary suwa çydamlylygyny kesgitleýär.

Pussolan portlandsementiň häsiýetleri. Pussolan portlandsementiň hakyky dykyzlygy adatça $2,7\text{-}2,9 \text{ g/sm}^3$ çäklerde bolýar. Onuň sepelenendäki dykyzlygy sepelenen ýagdaýda $800\text{-}1000$, dykyzlandyrylan ýagdaýda bolsa $1200\text{-}1500 \text{ kg/m}^3$. Bu dykyzlyklar ulanylan mineral goşundynyň görnüşine baglydyr. Sementdäki iň pes sepme dykyzlyk goşundy hökmünde diatomit we trepel ulanylanda gazanylýar.

Pussolan portlandsementiň suwtalapedigiligi portlandsemente garanda has ýokarydyr. Esasan hem çökündi jyns görnüşindäki mineral goşundy bolan diatomit, trepel we opoka goşulan sementleriň suw talapedigiligi has ýokarydyr.

Pussolan portlandsementiň ýokary suw talap ediljiligi onuň ýetmezçiligidir.

Pussolan portlandsementiň tutluşma wagty portlandsement klinkeriniň hili we goşulýan gipsiň mukdary bilen kesgitlenilýär. Standarta laýyklykda pussolan portlandsementiň we adaty portlandsementiň tutluşma wagty meňzeş. Sementiň tutluşmasynyň başlangyjy 45 min. ir bolmaly däl, soňy bolsa 10 sagatdan giç däl. Pussolan portlandsementiň tutluşma wagty onuň üwemi inçe boldugyça gysgalýar.

Kiçelme we çişme. Pussolan sementinden taýýarlanan betonlar çökündi jyns görnüşindäki aktiw goşundynyň hasabyna kiçelmäniň we çişmäniň ýokary deformasiýasy bilen häsiýetlendirilýär. Howada gatanda baglanyşan suw bugarma sezewar bolýar we gel görnüşli massanyň kiçelmegine getirýär. Onuň tersine suwda gatadylanda suwuň absorbsiýasy netijesinde onuň göwrümi ulalýar.

Pussolan portlandsementi 300 we 400 markalara bölünýär. Onuň markasy adatça 40x40x160 mm bolan balkalaryň epilendäki berklik çäğine deňdir. Sementiň berkligi klinkeriň mineralogiki düzümine, üweminiň inçeligine we suw sement gatnaşygyna baglydyr.

Pussolan portlandsementi portlandsement bilen deňeşdirilende ilkinji möhletlerde berkliginiň haýal ösmegi bilen tapawutlanýar.

Pussolan sementleriň udel agramy portlandsementiň udel agramyndan pes; ol esasan 2.7-den 2.96/sm³ çäklerinde bolýar. Gidrawliki goşundylaryň köpsiniň udel agramy 2.3-2.6 şol bir wagtda portlandsementiň udel agramy 3.05-3.20 g/sm³ barabar. Bu goşundynyň absolýut göwrimini artdyrýar we sement hamyrynyň sygymyny artdyrýar.

Wulkanly goşyndyly sementiň (11 agramy)göwrimleýin dökülme agramy (trass, tuf we başgalar) portlansementiňki

ýaly; çökindiler emele gelýän goşyndyda (trepel, diatomit) ol az.

TDS 10178-62 pussolan sementleriň üwelme inçeliginе edilýän talaplar edil portlansementiňki ýaly: N008 torly elekden geçirilende 85% az geçmeli däl.

Gatamak prosesini çaltlandyrmak üçin bu görkezijini has artdyrmaly, inçe üwelende ähli gidrawliki goşyndylaryň işjeňligi artýar we bu bolsa kompozision süýgeşik maddalarda olary ulanmagyň has gowy şertleri bolup durýar.

Dykyz we gaty goşyndyly (trass tuf we ş m) pussolan sementleriň suw talap ediljiligi edil ýönekeý portlandsementiňki ýaly. Ýumşak gidrawliki goşyndyly sementden kadaly goýulykly hamyry almak üçin 30-40% suw gerekli bolýar, goşyndysyz portlansement üçin 22-25%. Bu ýagdaý pussolan sementleriň kemçiligi bolup durýar sebäbi betonyň berkligini peseldýän s/s gatnaşygyny artdyrmak ýa-da beton garyndysyny berlen hereketlenmegi bilen almaklyga mejbur edýär.

Pussolan sementleriň suw bölüp aýyrmagy diňe ýumşak gidrawliki goşyndylar (trepel, diatomit) saklananda azalýar; gaty gidrawliki goşyndylarda (trass, tuf) olar portlansementden az tapawutlanýar.

Ýumşak goşyndyly pussolan sementleriň hamyrlaryň baglaşdyryjy ukyplylygy portlandsementiňkiden has ýokary. Bu sementlerde beton işleri geçirilende şertleriň gowulaşýan belli gowy tarapy bolup durýar.

Pussolan sementleriň tutluşma möhleti portlandsementiňkiden tapawutlanmaýar. Sementiň iki görnüşine hem standartyň talaplary birmeňzeş.

Goşyndy goşulanda önimiň düzümi sementiň synag edilende göwriminiň deň üýtgemegini gowylandyrýar: göwrüminiň käbir deň bolmadyk üýtgemegini üwelende berýän klinker ol üwelende goşyndylar goşylanda köp ýagdaýlarda göwrüminiň doly hemişeligni görkezýär. Sementiň düzümine

gidrawliki goşyndylaryň goşulmagy betonda opal görnişli doldyryjyly sementde aşgarlaryň zyýanly reaksiýalarynyň önini alýan gowy serişde bolup hasaplanýar.

Glužge P.I. maglumatlaryna görä howada beton görünüşinde gatanda dürli sementleriň otnositel çökmegi: trepel portlandsementiňki -1.49 trassyňky-1.00 şlakly-0.93 we toýun toprakly sementiňki-0.51. Bu maglumatlar iň uly göwrümlü deformasiýa çökündiden emele gelýän goşundyly pussolan portlandsementler häsýetlendirilýär.

TDS 970-61 pussolan portlandsementiň 4 markada: 300,400,500,we 600 çykarylmagy göz önünde tutulýar, TDS 10178-62 görä plastiki erginde synagyň netijesi boýunça 5 marka: 200, 250, 300, 400 we 450 bilen çykarylýar. Görkezilen sementiň massalary aşakdaky talaplary kanagatlandyrmaly.

Pussolan portlandsementler şol bir klinkere taýýarlanan goşundysyz portlandsement bilen deňeşdirilende berkligiň örän haýal artmagy bilen häsýetlendirilýär. Pussolan sementlerde gatamagynyň birinji möhletinde (28 güne çenli) berkligiň tizligini ýokarlandyrmak üçin gidrawliki örän işeň goşundy ulanmaly, klinkerde üçkalsiýli silikat we üç kalsiýli alýuminatyň saklanmagyny artdyrmaly, sementiň örän ownuk üwelmegini gazanmaly, üwelende köp mukdarda gips goşmaly.

Pussolan sementler portlandsement bilen deňeşdirilende az ýylylyk bölüp çykaryjylygy bilen häsýetlenýär. Bu gidrawliki goşundynyň kalsiý okisiniň gidraty we kalsiý gidroalýuminaty bilen özara täsirleşýän ikinji proseslerinden ýylylyk effektiniň azlygy bilen bolup geçýär.

Goşundy goşmak bilen ýylylyk bölünip çykmagyň absolýut ululygy peselýär, ýöne peselmegi goşulan goşunda proporsional däl, bu bolsa semente goşulýan goşundy (hat-da inert çäge) bolanda sement däneleriniň gidratasiýasy çaltlaşýar.

Pussolan sementler arassa suwlara çydamly, olar betonyň we garyndylaryň uly suwy siňdirmezligini üpjün edýär, sulfat suwlaryna hem çydamly. Ähli pussolan sementlere ýokary

sulfat çydamlylygy mahsus däl. Olaryň aýry görnüşleriniň arasynda esasan üç sebäp bilen kesgitlenýän tapawut bar: 1) işjeň toýun topraga goşundynyň işjeňligi we oňa işjeň kremnezýomyň bolan gatnaşygy. 2) klinkeriň mineralogiki düzümi 3) gidrawliki goşundy we klinkeriň arasyndaky gatnaşyk. Häzirki döwürde pussolan portlandsementiň sulfata çydamlylygy ýokary bolmagy mümkin haçanda: 1) gidrawliki goşunda näçe az işjeň toýunly toprak bolsa we näçe köp işjeň kremnezýom bolanda 2) taýýar önümde goşundynyň oňositel saklanmagy näçe köp bolsa 3) üç kalsiýli silikat we aýratyn hem üç kalsiýli alýuminat klinkeriň düzüminde näçe az bolsa.

Pussolan portlandsementiň sulfata çydamlylygy haçanda olary taýýarlamak üçin ýokary süzümi $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ we şol bir wagtda $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ klinker ulanylanda esasan hem birden peselýär. Şonuň üçin TDS 10178-62 sulfata çydamly pussolan portlandsementiň tötänleýin klinkerini taýýarlanmak eýsem kadalananyň mineralogiki düzüminde: klinkerde üç kalsiýli alýuminatyň saklanmagy 8% köp bolmadyk düzümdä taýýarlanmaly. Bu sementde goşundylar şu çäklerde bolmaly: wulkandan emele gelen goşundy gliýež -25-40% ýokary bolamaly däl.

Turşy suwlarda pussolan sementi az çydamly erkin organiki we mineral kislotalar, şol sanda kömürkislotasy portlandsement daşyndaky kalsiý okisiniň gidratyny dargatmak eýsem pussolan sementiň gatan daşynda saklanýan gidrosilikatlary we gidroalýuminatlary işjeň dargadýar.

Pussolan portlandsementler magnezial duzlaryň (MgCl_2 we MgSO_4) erginlerinde hem ýeterliksiz çydamly. Pussolan sementleriň portlandsementden pes temperaturalara örän duýgur tutluşma prosesleriniň we gatamagyň haýallanmagy örän ýiti formada bolup geçýär. Bu gysga pussolan sementleriniň ulanylmagyny kynlaşdyrýar. Pussolan sementlerinde beton we garyndy gatanda temperaturanyň artmagy olaryň berkliginiň oňositel çalt ösmegine getirýär ol

R bugardylmakdan soň

R28 tebigy gatamak

gatnaşygynyň örän ýokary bahasy bilen aňladylýar. Ýöne bu usul boýunça uly ýaramlylygy barada netije çykarmak ýalňyş bolardy, birmeňzeş hereketlenýän beton garyndysyndan berkligi deň beton almak üçin önümiň 1m pussolan portlandsementiň harçlanyşy bilen bu sementleriň portlandsement bilen deňeşdirlende suw talap edililiginiň has ýokary bolýandygyny tejribe görkezýär. Käbir maglumatlara görä sementde saklanýan mineral goşundylaryň mukdary takmynan sementiň köp harçlanmagyna barabar.

Pussolan portlandsementiň betonlary we garyndy taslanýan berkligine ýetende, olaryň adaty usullary bilen (25-50gezek doňdurmak) aýazaçydamlylygy synag edilende doly ýagdaýda kanagatlanarly netijeler berýär. Eger doňdurmalaryň we doňuny aýyrmagyň mukdaryny birnäçe esse artdyrylanda pussolan sementler portlandsementlere görä biraz aýazaçydamlylygy az bolýar. Şoňa görä pussolan sementler suwuň üýtgeýän gözýetiminiň zolagynda ýerleşen gidrotehniki beton konstruksiýa üçin ulanylmaýar.

Pussolan sementde betonyň suw siňdirijiligi goşundysyz portlandsementdäki betonyň suw siňdirijiliginden ýokary. Bu iki sebäp bilen düşündirilýär: gidrawliki goşundy hek suwunyň täsiri astynda tiz çişýär we pussolan portlandsement birmeňzeş düzümlü sement hamyrynyň mukdary portlandsementiň betondakydan köp. Pussolan sementler uzak wagtlap saklananda olaryň berkligi peselýär. Bu bir tarapdan pussolan sementiň poroşogynyň uly gigroskopylygy bilen düşündirilýär. Bu sebäpli pussolan sement uzak saklaman çalt ulanmaly.

5.9. Hekli pussolan, glinit-hekli, we külli-hekli sementler

Hekli-pussalan sement diýip guradylan gidrawliki goşyndy we heki bilelikde üwelmek ýa-da şol materiallardan aýratyn owradyp, garyşdyrmak bilen alynýan gidrawliki süýgeşik maddalara aýdylýar.

Hekiň howaly söndirlen (pusonka) ýa-da söndirilmedik (kipelka) görnüşleri ulanylýar; gidrawliki heki hem ulanmak bolýar. Çalt gatamagy we tutluşmagy üçin önüme 5% köp bolmadyk kalsiý sulfaty goşulýar.

Düzümünde gidrawliki goşyndy hökminde glinit, glinež ýa-da ýakylan toýyndan alynýan senagat galyndylary bolan hekli-pussalan sementde hekli-glinit ýakyjyň küli bolan semente hekli-külli sement diýilýär. Şeýlelik bilen, haýsysy hekli-pussolan sementlere wulkan we çökindiden emele gelen goşyndydan, hem-de işjeň kremnezýom garyndydan taýýarlanýan sementler degişli.

Hekli pussolan sementde hekiň we gidrawliki goşyndynyň saklanmagy esasan iki pursat bilen kesgitlenýär:

1) goşyndynyň işjeňligi bilen-ol näçe işjeň bolsa şonça-da taýar önimde şonça-da köp hek bolmaly

2) sementiň niýetlenişi bilen-howa çydamlylygyna görä ýokarlandyrylýar talaplary edilýän sement hekiň köp mukdaryny özinde saklamaly hekiň saklanmagy 15-30% çäklerinde bolýar: howa çydamlygyny ýokarlatmak boýunça sementde hekiň saklanmagyny 50% we ondan artyk köpeltmeli.

Hekli pussolan sementi iki tehnologiýa shema boýunça taýýarlamak bolýar. Puşonka gönüşinde heki ulanmagyň kemçiligi şular ýaly:

1) üwelmäge barýan welen hekiň çyglygynyň az bolmagyna aýratyn gözegçilik etmeli

2) inçe gidrat hekini üwelmäge gerekli bolmadyk owradylan önümiň arasynda bolmagy netijesinde degirmenleriň

öndirjiligiň peselmegi. Hek kipelka ulanylanda bu kemçilik bolmaýar: ondan başga-da kipelka üwelmek prosesini ýeňleşdirýär.

Hekli-pussolan sementiniň gatamagy. Seredilýän sementleriň gidrawliki gatamaga bolan ukyplylygy kalsiýniň gidrat oksiniň gidrawliki goşyndy bilen özara täsirleşmek reaksiýasy bilen düşündirilýär. İşjeň kremneýzem bilen Ca(OH)_2 arasyndaky reaksiýa CSH(B) seriýaly kalsiý gidrosilikatynyň emele gelmegine getirýär.

$$\text{XCa(OH)}_2 + \text{SiO}_2 + m\text{H}_2\text{O} = \text{XCaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} [\text{CSH(B)}]$$

Gidrosilikaty emele getirýän düzümi bir topar faktorlara: hek we işjeň kremnezýom arasyndaky gatnaşyklara, temperatura, özara täsirleşmegiň dowamlylygy we ş.m. bagly.

Wulkan goşundyly kalsiý okisiniň özara täsirleşme prosesleri az-öwrenilen. Bu goşyndylaryň işjeňligi ondaky aýnagörnişli materialyň bolmagyna bagly.

Kislota okisleri bilen Ca(OH)_2 täsirleşmegiň başlamgy bilen emele gelýän önümleriň želatin häsiýeti, bar olaryň sementleýji häsiýetleri bu pursatda uly däl. Wagtyň geçmegi bilen progressirlenýän reaksiýa önümden alynýan uly dykzlanma we olaryň biraz kristallaşmagyny emele getirýär, soňky ýyllarda bolsa ýeterlikli işjeň gataýar.

Bu reaksiýalar diňe suwuk faza bolanda emele gelýär, sebäbi diňe bu şerterde garyndynyň heke geçmek mümkinçiligi üpjün edilýär we soňundan onuň garyndydan kislota okisleriniň siňmegi üpjün edilýär. Şeýlelik bilen, hekli pussolan sementli betonlarda garyndylaryň gatamak prosesi diňe çygly sredada saklananda kadaly bolup geçer. Howada saklananda çyglylygyň çalt ýitmegi bolup geçýär. Howada şular ýaly garyndylary ýa-da betonlary saklamak zyýanly, sebäbi wagtyň geçmegi bilen olaryň berkligi kăwagt has peselýär.

Hekli-pussolan sementleriň häsiýetleri.

Hekli pussolan sementleriň udel agramyndan has pes: ol $2,1-2,7\text{g/sm}^3$ çäklerinde bolýar we esasan goşyndynyň udel agramynan bagly. Bular ýaly sementleriň döwürleme agramynyň 1litr tozgalanan ýagdaýda 500-800g, dykyzlanan ýagdaýynda 800-1100g barabar.

Üwelmeginiň ownuklygy mümkin boldygyça ýokary bolmaly, sebäbi şonda kalsiý gidrat okisler bilen ýeterlikli çalt özara täsirleşmegi üpjün edilýär. TDS 2544-44 № 02 elekde galan galyndy 5% köp bolmaly däl № 008 elekden seçginiň agramyndan 75% az bolmaly däl.

Hekli pussolan sementleriniň suw talap edijiligi örän ýokary we ol portlansementden 2-3 esse köp. Olar esasan diatomitli we trepelli sementlerde ýokary. Hamyryň baglaşdyryjy ukyplygy boýunça hekli-pussolan sementler hekiň we portlansementiň arasynda aralyk ýagdaýyny eýeleýär. Bu sebäpli olary doldyryjlaryň uly mukdaryny goşmak bilen horlandyrmaly.

Hekli-pussolan sementleriň berkligi ýokary bolmaýar, olar üç markada: 50, 100 we 150 çykarylýar.

TDS 2544-44 sementiň gysylanda we sündirlende berkligiň çägi ýedi günlük ýaşy boýunça markalara degişli 50 marka üçin $70\text{ we }80\text{ kg/sm}^2$.

Tejribeçilikde hekli pussolan sementler esasan plastiki konsistensiyaly garyndylarda ulanylar, bu sebäpli olary plastiki erginde synag etmeli; soňky ýagdaýda ýokarda görkezilen 50, 100 we 150 markalar takmynan 25,50 we 75 marka laýyk galýar. Bu sementler hekde-kipelkada taýýarlananda uly berklige eýe.

Hekli-pussolan sementleriň berkliginiň işjeň we dowamly artmagyny diňe suwda saklananda görmek bolýar. Howada saklananda başga diňe işjeň gataýar. Soňra berkliginiň artmagy bes edilýär, käwagt bolsa onuň hat-da peselmegini hem görmek mümkin.

Hekli-pussolan sementleriň suwa çydamlylygyny galdyrmak üçin şu çäreleri tekliپ etmek bolýar:

1) sementde hekiň mukdaryny artdyrmaly; hekiň saklanmagy 20-25% optimal saklanmagyna derek köplenç 50% çenli we ondan ýokary bolýar; bu sementde hekiň 60% bolanda doly gurylyga çydamly.

2) sementiň düzümine duzlaryň hlorly kalsiý, hlorly magniý, nahar duzy, gips we başgalar uly bolmadyk mukdaryny goşmaly.

3) sement taýýarlananda howaly heke derek gidrawliki heki goşmaly.

4) hekli-pussolan sementde 20% golaý portlansementi goşmaly.

Hekli-pussolan sementleriň arassa we sulfatly suwlarda suwa çydamlylygyň kanagatlanarly. Bu bular ýaly sementleriň gatama önüminiň kalsiý oksiniň erkin gidratynyň, hekde ýokary esasly kalsiý gidroalýuminatynyň saklanmaýanlygy bilen düşündirilýär.

Hekli-pussolan sementleriň pes temperaturalarda has haýal gataýar, ýokary temperaturada gatamak prosesi köp esse çaltlaşýar.

Hekli-pussolan sementler has pes aýaza çydamlylygy bilen häsiýetlenýär. Şonuň üçin, bu sebäpli olaryň gezekli-gezegine doňýan we ereýän ýagdaýlara duçar edilýän desganyň böleklerinde ulanmak gadagan. Bu ýagdaýda goşyndylaryň tebigaty uly ähmiýete eýe: ýumşak goşyndyly (trepel, diatomit, işjeň kremniý toprakly zyňyndylar) sementleriň aýaza çydamlylygy pes.

Hekli pussalan, glinit we külli sementleriň ammanda saklananda işjeňligi çalt ýitýär. Bu olaryň uly bolmadyk dökülme agramly (600-800g/l) tozgalanan poroşok bolup hem-de boşluklarynyň örän uly göwrüminiň bolmagy bilen düşündirilýär. Onuň netijesinde çyglylyk we howanyň kömür kislotasy poroşoga aňsat girýär we onda bar bolan hek inert

kömürturşy kalsiýe öwrülýär. Şonuň üçin görkezilen sementler taýýarlanandan soň bir aý geçmänkä ulanylmaly.

Hekli pussolan sementiň poroşogynyň uly süşüjiligi bar, şonuň üçin ony diňe konteýnerlerde ýa-da jebis gaplarda daşamaly.

Hekli pussolan sementleri ýerasty ýa-da suwasty desgalarda ulanmaly. Olary gyşda we pes temperaturalarda, hem-de desgalaryň gezekli-gezegine doňýan we ereýän, güýçli guraýan ýa-da köplenç çyglanýan we guraýan döwürlerinde ulanyp bolmajär.

Demir betonda ulanmak rugsat edilmeyär. Basyş astynda bugartmak usuly bilen ýeňilbeton daşlary öndürilende olar gowy netijeler berýär.

Hekli-gliniti sementi ýokary sementden, onda gidrawliki goşundy hökmünde ýörite ýakylan toýunlar (gliniti ýa-da mergeliti), senagat zyňyndylary ýa-da gliýež ulanylýanlygy bilen tapawutlanýar. Önümde hekiň saklanmagy 10-30%, gipsde 5%-e çenli.

Gliniti taýýarlamak üçin toýun 14% az bolmadyk toýuny özünde saklamaly. Gliniti näçe toýuntopragy köp bolsa, şonça-da degişli sementleriň howa çydamlylygy artyk.

Hekli -glinitli sement esasan hekli-pussolanly sementler ýaly alynýar. Gliniti peçde ýakylýar we şonuň üçin ony ugratmagy geregi ýok. Toýuny ýörite ýakmak glinitiň bu sement üçin düşýän bahasyny artdyrýar.

Glinitli sementleriň gatamagyny iki taraplama düşündirmek mümkin: alýuminiý angidridi suwly sreda hek bilen özara täsirleşip, gidrosilikat CSH (B we geleniti düzüminiň suwly kalsiý alýumo-silikatyny berýär, diýip bir topar alymlar aýtsa, beýlekiler bolsa hek glinitiň işjeň kislota okisleri bilen suwly kalsiýniň silikatyny we alýuminatyny berýär. Ýokary temperaturalarda gidrogranatlaryň emele gelmegine görmek bolýar. Gips hek bilen we glinozýom bilen özara täsirleşip kalsiý gidrosulfoalýuminatyny berýär.

Hekli glinit sementi häsiyeti we ulanylyşy boýunça hekli-pussolan sementlere meňzeş. TDS 2544-44 onuň üçin iki markany: 50we100 göz önünde tutýar. Onuň howa çydamlylygy hekli-pussolanly sementiňkiden ýokary, ýöne ol gury ýerlerde ulanmak üçin bolmaýar. Portlandsement goşmak hem amatly.

Hekli-külli sement hekli-pussolan sement ýaly taýýarlanýar. Gidrawliki goşyndy hökmünde ýangyjyň gaty görnüşleriniň turşy küli ulanylýar. Esasan kalosnikly gözeneklerde ýakylanda alynýan daş kömrüň küli ulanylýar. Bular ýaly külüň işjeňligi has ýokary. Tozan görnüşinde daş kömür ýakylanda alnyp gidilyän külüň işjeňligi az, şonuň üçin ol adaty şertlerde gatatmak üçin niýetlenýän hekli külli sement almak üçin az ýaramly.

Tersine, awtoklaw önümleri öndürilende alyp gidilyän küli uly üstünlik bilen ulanylýar, şolar ýaly-da portlandsement goşundy hökmünde hem ulanylýar.

Bu sementiň häsiýetleri hekli-pussolan sementleriňki ýaly. Tutluşma we gatamagy haýal geçýär. Berkligi ýokary däl: TDS 2544-44 hekli-külli sement üçin iki markany -25 we 50 göz önünde tutýar. Bu sement edil hekli-pussolan sement ýaly gurluşykda ulanylýar.

Kerpiç zawodlarynda hekli-külli sement almak üçin halkaly peçleriň ojaklarynyň galyndylary ulanylýar; olar ýakylyan peçleriniň külinden we kerpiç döwürüklerinden ybarat. Bu galyndylardan we hekden alynýan semente ojak-heki diýlip onuň berkligi ýönekeý hekli-külli sementiňkiden uly. Sementiň kanagatlanarly hili şular ýaly-da hekli-ýakylyan halkaly peçlerde ojagyň galyndylaryny üwemek ýoly bilen hem almak bolýar; hekiň goşyndysy bu ýagdaýda gerekli bolmaýar.

TES-sementi diýlip atlandyrylýan öz boluşly külli sement E.Z.Ýudowiç we P.D.Keweş tarapyndan işlenip çykaryldy. Olar tozan görnüşli ýangyç taýýarlananda oňa üwelmezden ön hek daşyny goşmagy teklipe etdiler. Şular ýaly garyndy topkada

ýakylanda CaCO_3 dargaýar, kalsiý okisi bolsa ýangyjyň külüniň kislota okisleri bilen reagirleşýär, onuň netijesinde kalsiý alýuminatlary, silikatlary we ferritleri emele gelýär. Bu sementiň kemçiligi käwagt göwriminiň deň bolmadyk üýtgemegini döredýän erkin CaS onda köp mukdarda bolup durýar. Häzirki döwürde sementiň bu görnüşi taýýarlanmaýar.

Slaneslikülli sementler ýakyjy slanesleriň mineral bölegi toýun bilen bir hatarda kömürturşy kalsiýniň uly mukdaryny saklaýar. Slanes ýakylanda külde iki-üç kalsiýli silikat we bir kalsiýli alýuminat emele gelýär. Şular ýaly kül ownuk üwelen ýagdaýynda suw bilen garylada özbaşdak gatamaga ukyply bolýar.

Slanesli kül barlananda oňa 20% çenli goşylýan gidrawliki goşyndy süýgeşik maddanyň işjeňligini artdyrýar we ondaky göwriminiň üýtgemeginiň deň bolmadyk ýagdaýyny aýyrmak we suwda gataýan şertlerinde gidrosulfoalýuminat dargamak mümkinçiligini aradan aýyrýar. Ondan başga-da bular ýaly madda gatanda hemişe slanesyň külünde käbir mukdarda bolýan kalsiýniň ergin okisi kalsiýniň gidro silikatlaryny berip gidrawliki goşyndynyň kislotaly okisleri bilen reagirleşýär.

Estan slansynyň (kukersitiň) küli doly öwrenildi. Bu külüň esasynda kukermit diýlip atlandyrylýan slanes külli aşakdaky süýgeşik maddalary almady tilsimaty işlenip düzüldi:

a) $900-1100^\circ$ temperaturada kalosnikli gözenekde slanes ýakylanda külüni ownuk üwemek bilen alynýan ýönekeý kükermi; gaty konsintensiýaly erginde işjeňligi $25-50 \text{ kg/sm}^2$;

b) gowylaşan ýönekeý kükermi ýokarkydan oňa üwelende 20% trepel ýa-da 30% glinit goşylýanlygy bilen tapawutlanýar; işjeňligi $50-100 \text{ kg/sm}^2$;

w) gidrawliki kükermi- $1200-1300^\circ$ temperaturada tozan görnüşli ýagdaýynda slanes ýakylanda alynýan ownuk üwelen kül; işjeňligi $100-200 \text{ kg/sm}^2$;

g) gowulaşan gidrawliki kükermiň ýokarkydan trepeliň 20% ýa-da glinitiň 30% bolmagy bilen tapawutlanýar; işjeňligi $200-300 \text{ kg/sm}^2$;

d) 25-50% portlandsement goşyndyly armirlenen beton konstruksiýaly üçin çalt gataýan kükermiňler.

5.10. Azbest önümlerini öndürmek üçin portlandsement

Azbestsement önümleriniň önümçiliginde portlandsementiň ulanylmagy oňa birnäçe häsiýetleri bermeklige esaslanýar.

Azbestsement önümleri taýýarlananda sementiň başlangyç gidrotasiýasy örän ýokary suw/sement gatnaşygynda geçýär; önümçilik prosesinde köp suwuklandyrylan azbestsement massasyndaky suwuň käbir mukdary filtrlenýär, sordurylýar we sykylýar. Sementiň bölekleri azbest süýminde saklanylyp galmagy üçin ýeterlik derejede inçe (ownuk) bolmalydyr. Şonuň bilen baglylykda artykmaç disperslik hem berkidijiniň ýokary suw talap edililigine getirmegi mümkin. Bu bolsa önümleri suwsuzlandyrmakda we dykyzlandyrmakda özüniň otrisatel täsirini ýetirýär. Şonuň üçin hem portlandsementiň üweminiň inçeligi udel üst ýüzi 2200-den kiçi däl we $3200 \text{ sm}^2/\text{g}$.

Beýle sement üçin klinker düzüminde saklamaly (%): C_3S 52-den az däl, C_3A 3-den az däl, 8-den köp däl. Erkin CaO -niň saklanmasy 1-den köp däl, MgO bolsa 5% çenli.

Klinkeriň üwelmesiniň intensifikasiýasy üçin sementiň hilini peseltmeýän goşundylar sementiň massasy boýunça 0,5 %-den köp bolmadyk mukdarda goşulýar. Bu sementiň tutluşma wagty 1.5 sag. ir däl we soňy 10 sag. giç däl.

Azbestsement önümleriniň önümçiligi üçin portlandsementi 400 we 500 markalara bölýärler.

Azbestsement önümleriniň önümçiligi üçin portlandsement adaty portlandsementiňki ýaly gurluşyk häsiýetine eýe bolup, onuň tapawudy diňe çalt gataýanlygynda hem-de onuň başlangyç möhletlerinde berkliginiň ýokarlanmagydyr.

6. Azbestsement önimleri

6.1. Azbestsement önümleriniň häsiýetleri we olaryň ulanylyşy

Azbestsement diýlip azbest süýminiň gatan sement hamyry bilen baglanşylan daş görnüşli materiala aýdylýar.

Azbestsement önümçiligi 1900-nji ýylda başlanylýp we derrew giň gerim aldy. Häzirki wagtda köp ýurtlarda azbestsement önümleriniň dürli görnüşleri öndürilýär. Ol görnişleriň nomenklaturasy örän giňdir we oňa plitalar we uly ölçegli tekiz üçek örtüji materiallar, tolkunly we ýarymtolkunly listler, dekoratiw örtüji materiallar, suwgeçirijiler, kanalizasion we wentilýasion turbalar, elektroizolirleýji detallar we birnäçe başga önümler deňdir.

Azbestsement önümleri azbestden, sementden we suwdan taýýarlanýar.

Azbestsement önümlerini taýýarlamak üçin materiallar.

a)Azbest

Azbest – bu birnäçe minerallardan düzülen bolup, ol inçe, maýysgak sapak görnüşinde saralmaga mümkinçilik bermek ukybyna eýedir. Azbestiň struktura gurluşy ony düzýän molekulalaryň bir ugurda ýerleşýänleri örän gowşak baglanşylanlygy we munuň esasynda hem ol aňsatlyk bilen inçejik süýmlere bölünýänligi bilen tapawutlanýar.

Azbest iki sany minerologiki podgruppalara bölünýär: amfibolowyý azbest we hrizotil-azbest.

Amfibol azbestlere krokodil, amozit, tremolit, aktinolit we antofilit deňşlidir.

Hrizotil azbest serpentiniň gruppasynyň mineraly bolup, ol himiki düzümi boýunça magniýniň gidrosilikatydyr $3\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Praktikada hrizotil azbestiň düzüminde Fe_2O_3 , FeO , Al_2O_3 we birnäçe başga garyndylar duş gelýär. Hrizotil azbestiň reňki ýaşylymtyl-ak ýa-da açyk sary, ak bolýar.

Azbestiň iň gymmatly häsiýetleriniň biri onuň inçe süýmlere bölünip bilmek ukybydyr. Hat-da azbestiň iň inçejik süými hem, birnäçe başga has inçe süýmlerden durýar we olar özaralarynda jebis gysyladyr. Laboratoriýa barlaglary netijesinde diametri 0,000003 mm bolan süými almak mümkinçiliginiň bardygy subut edildi.

Azbestiň berkligi süýmsow oka (ось) görä çekilende poladyň berkligidin hem ýokarydyr we ol 30000 kg/sm^2 . Raspuška edilende azbestiň inçe süýminiň bölekleri üzülýär we onuň berkligi $6000\text{-}1000 \text{ kg/sm}^2$ çenli peselýär.

Azbestiň süýmleri elastikidir we şonuň esasynda ol ýüp egirmäge we ondan mata öndürmäge mümkinçilik berýär.

Azbest ýokary adsorbsion ukyby we pes ýylylyk we tok geçirijilik ukyby bilen tapawutlanýar. Onuň aşgara durnuklylygy ýokary we kislota durnuklylygy pesdir.

Azbest oda durnukly materýaldyr we ol organiki maddalary saklamaýar, şonuň üçin hem ol ýanmaýar. Azbest sözüniň özi Grekçeden terjime edeniňde ýanmaýar diýmegi aňladýar. 70° -da azbest özüniň adsorbsion suwunyň bir bölegini ýitirýär we munda onuň elastikligi we berkligi biraz peselýär. 368° -da azbest ähli adsorbsion suwuny ýetirýär, munda bolsa ol öz berkligini 20-35% azaldýar. Beýle azbest sowadylmadan soňra, howadan öz ýitiren çyglylygyny sorup alýar we öz öňki häsiýetlerini dikeldýär.

Azbest $580\text{-}700^\circ$ çenli gyzdýrlanda düzümindäki himiki baglanyşan suwy ýitirýär we munda ol özüniň elastikligini we

berkligini doly ýitirýär, emma bu gezek sowadylmadan soň hem öz häsiýetlerini dikeldip bilmeýär. Şonuň üçin azbest 580° temperaturadan ýokary bolan temperaturada ulanmak bolmaýar. Hrizotil-azbest 1500° temperatura töwereginde ereýär.

Azbest zmeýewik ýa-da serpentini diýlip atlandyrylýan dag jynslarynda parallel ýa-da kesişýän damarlar görnüşinde ýerleşýär. Köplenç ýagdaýda azbest süýmleri damarlaryň diwarlaryna perpendikulýar ýerleşýär. Azbesti almak açyk karýerlerde partlatmak usuly bilen amala aşyrylýar. Azbest magdany bilen boş jynsy bölmek, gazylyp alynýan karýerlerde el bilen saýlanylýar we ol tekstil maksatlary üçin ulanylýar.

Baýlaşdyrmak prosesi magdany iri owratmakdan, guratmakdan, magdany ownuk owratmakdan, azbest süýmlerini saýlamakdan we sortlara bölmekden ybaratdyr. Baýlaşdyryjy fabrikleriň esasy meselesi magdandan azbesti doly alyp bermek mümkinçiligidir.

Azbesti sortlamak süýmleriň uzynlygyna baglylykda amala aşyrylýar; süým näçe uzyn bolsa, şonça-da hili ýokary bolýar. Sortlara bölmek üçin magdandan alnan azbest süýmleri baraban görnüşli aýlanýan elege berilýär, ýöne elekdäki sortlama has takyk bolmaýar we onuň esasynda azbest süýmleri tokgalanylýar.

b)Sement. Azbestsement önümleriniň önümçiligi üçin esasan portlandsement ulanylýar. Bu maksat üçin şeýle-de şlakly-portlandsement hem ulanylýar. Sement mümkin boldugyça ownuk üwelen bolmaly. Standarta laýyklykda azbestsement plitalary üçin №90 elekdäki (4900deş/sm²) galyndy 12% azbestsement turbalary üçin standart boýunça 8%.

Azbestsement önümçiligi üçin haýal tutluşýan we tiz gataýan sement zerurdyr. Standart boýunça plitkalar we turbalar üçin tutluşma wagty 1,5 sagatdan ir başlamaly däl. Sementiň markasy bolsa 300 pes bolmaly däl. Sementiň

mineralogiki düzümi boýunça düzüminde köp mukdarda $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ we $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ saklasa gowy netije berýär. Köp mukdarda $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ we $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ saklansa, onda ýaramaz netije berýär.

ç)Suw. Azbestsement önümçiligi üçin ulanylýan suw mümkin boldugyça arassa bolmaly. Ol suw batgalygy ýa-da torfly suw bolmaly däl, sebäbi olaryň düzüminde organiki maddalary ýa-da onuň dargama önümleri saklanýar. Şeýle-de mineralizirlenen we deňiz suwlaryny ulanmak bolmaýar, ol gatan portlandsementiň hiline ýaramaz täsir edýär.

Ulanylýan suwuň optimal temperaturasy $20-25^\circ$. Has pes temperatura (10° -dan pes) sementiň gatamagyny haýalladýar we zawod enjamlarynyň öndürililigini peseldýär. Has ýokary temperatura bolsa islenilmeýän-sementiň tutluşmasyny tizleşdirýär.

Azbestsement önümleriniň häsiýetleri we olaryň ulanylyşy.

Azbestsement önümleri pes udel we göwrüm agramy bilen tapawutlanýar; olaryň udel agramy ortaça $2,75$ göwrüm agramy bolsa $1600-2200\text{kg/m}^3$ çäklerinde bolýar.

Azbestsement oda durnuklylyga eýedir, sebäbi ol ýanmaýan materiallardan durýar; onuň öz häsiýetlerini üýtgetmeýän temperatura çägi 600° -da kesgitlenýär. Ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti $0,17-0,21$ çäklerinde bolýar.

Azbestsementiň suwgeçirijiligi we çyglylyk sygymy semente garanda pesdir. Azbestsementden taýýarlanan önümleri kesiji we igeleýji (insturmentler) enjamlar bilen işlemeklik aňsat bolýar; çüý kakylanda jaýrylmaýar we gowy saklaýar.

Azbestsementiň ýylylykgeçirijiliginiň pesligi ony elektroizolýasion detallar üçin ulanmaga mümkinçilik berýär. Şunuň bilen baglylykda azbestsement turbalar elektrolize sezewar bolmaýar. Azbestsement turbalarynyň tekiz içki üst ýüzi suwuklygyň sürtülme koefsiýentiniň pes bolmagyny üpjün

edýär. Azbestsement önümleri atmosfera agentleriň täsirine durnuklulygy bilen tapawutlanýar.

Azbestsement plitkalary ýa-da başgaça şifer, eternit ýa-da terrofazerit- kwadrat ýa-da göniburçly formada bolýar. Has giňden ulanylýany dörtburç plitalardyr, onuň standart ölçegi 400·400mm. Göniburçlyk plitkalaryň ölçegleri bolsa 400·200mm. Plitalaryň iki görnişiniň hem galyňlygy 4mm. Standarta laýyklykda plitalaryň suw siňdirijiligi 16%-den köp bolmaly däl. Suwda doýgunlaşdyrylan plitalar-15°-da 25 gezek doňup eremäge çydamly bolmaly.

7. Hekli-çägesow önümler

7.1. Hekli – çägesow kerpiçleriň görnüşleri

Hekli-çägesow önümleriň esasy görnüşlerine aşakdakylar degişlidir: silikat kerpiçi, içi dürli ölçegli we formaly boşluklary bolan ýeňil silikat kerpiç, bituminizirlenen silikat kerpiçi, şlaklykerpiç we hekli-külli kerpiç.

Hekli-çägesow önümleriniň esasy görnüşleri silikat ýa-da hekli-çägesow kerpiç bolup durýar. Ol emeli daş görnüşli bolup, ölçegleri we formasy boýunça adaty gyzyly toýun kerpiçine meňzeşdir. Bu kerpiçler sönen hek we kwars çägesiniň garyndysyndan taýýarlanyp, ýokary basyşda preslemek ýoly bilen taýýarlanýar. Soňra ol bugardyjy kotýolda (awtoklawda) buguň ýokary basyşynyň täsirine sezewar edilýär.

Silikat kerpiçi hem adaty hekli-çägesow gurluşyk ergininden taýýarlanylýar. Ýöne bu gurluşyk erginimiz haýal gataýar we uly bolmadyk berklige eýedir we ondan tapawutlylykda gurluşyk kerpiçi preslenende güýçli dykzylandyrylma we bugardylma sezewar edilip, ýokary berk diwarlyk gurluşyk material alynýar.

Hekli-çägesow erginiň howa şertlerinde we awtoklawda gatamasynyň arasyndaky tapawut aşakdakylardan ybaratdyr: howa şertlerinde gatamada hekli-çägesow erginiň guramagy we karbonizasiýasy bolup geçýär. Normal basyşda we temperaturada çäge bilen hekiň arasyndaky himiki täsirleşmäniň tizligi örän pesdir we ol täsirleşme ýok diýen ýalydyr. Awtoklaw arkaly gatadylanda bolsa ýokary basyş 8 at. esasynda we 174,5⁰ töweregi temperaturada awtoklawda hek bilen kwarsyň arasynda gidrosilikat kalsiýý emele getirýän himiki täsirleşme bolup geçýär we bu reaksiýanyň tizligi adaty howa şertlerindäki bilen deňeşdirilende has ýokarydyr. Şonuň üçin 8 sagatlap awtoklawda bugartmak, adaty howa şertlerinde köp ýyllaryň dowamynda gatamagy bilen deň derejede durýar.

Ýeňil silikat kerpiçi. Ýeňil silikat kerpijiniň agramyny we ýylylykgeçirijiligini peseltmek maksady bilen onuň içinde dürli ölçegli we formaly boşluklary emele getirýärler. Ýeňil silikat kerpijindäki boşluklar adaty bir tarapyndan ýapylyp, onuň açyk tarapy kerpijiň iç tarapyna düşýär we şonuň esasynda hem kerpiç örülende ondaky boşluklar ýapyk bolýar.

Ýeňil silikat kerpijiniň önümçiligi adaty kerpiç önümçiliginden az taşawutlanýar. Ýeňil kerpiç taýýarlananda massanyň çyglylygy has pesräk 4-5,5% bolmalydyr.

Bitumlanan silikat kerpiji. Eger-de silikat kerpiji ýol gurluşygy üçin niýetlenýän bolsa onda oňa bitum siňdirýärler. Munuň üçin taýýar silikat kerpijini guradýarlar we galdyryjy (podýomnik) arkaly bitumlaýjy kotýola galdyrylýan gözeneklere öýýärler. Bitum siňdirilende kerpijiň çyglylyk siňdirijiligini peseldýär we sowugaçydamlylygy, sürtülmä we ugra garşylyk görkezijiligini ýokarlandyrýar. Silikat kerpijiniň öýjükliligi näçe ýokary bolsa, ol şonça-da bitumy özüne köp siňdirýär. Şonuň üçin bitumlanan silikat kerpijiniň önümçiliginde adaty kerpiçden öýjükliligini has ýokary bolmagyna ymtylýarlar.

Ýokarda görkezilen önümlerden başga-da hek we çäge esasynda hekli-çägeli çerepisa we beýleki önümler taýýarlanyp biler.

Ýokarda agzalan usullar bilen bir hatarda turba, balka, başgançak we podokonnik taýýarlamak üçin merkezdendaşlaşma usuly ulanylýar. Bular taýýarlananda çig mal massasyny metal opalubka ýerleşdirip, ony merkezdendaşlaşma stanogynda herekete getirýärler. Wibrasiýanyň we merkezdendaşlaşma güýjüniň täsiri astynda ol dykyzlanýar we artykmaç suwy bölüp çykarýar. Ondan soň önümler awtoklawda ugradylýar we ol ýerde bugardylýar.

Şlakly kerpiç. Şlakly kerpiç granulirlenen domna şlagy we hekiň garyndysyndan taýýarlanylýar. Şlagyň häsiýetine baglylykda garyndydaky hekiň mukdary 3-den 12% çenli bolmalydyr. Granulirlenen şlagy begunylarda ownadýarlar, soňra onuň üstüne puşonka, hamyr ýa-da süýt görnüşli heki goşýarlar. Garyndyny preslerde kerpiç görnüşinde presleýärler, awtoklawda bugardýarlar. Şeýle-de howada gatamagyny hem gazanyp bolýar, emma ol örän uzak wagt talap edýär we ol diňe tomus paslynda mümkindir. Şlakly kerpiç granulirlenmedik şlakdan ýa-da diňe granulirlenen şlakdan taýýarlanylýp biler. Hekiň ýerine bolsa portlandsement ýa-da sementiň başga görnüşleri ulanylýp bilner.

Şlakly kerpiç üç marka bölünýär: 75, 50, 25. Onuň markasy kerpijiň gysylandaky berklik çäğine deňdir. Şlakly kerpiç silikat kerpiji bilen deňeşdirilende agramynyň ýeňilligi we pes ýylylyk geçirijiligi bilen tapawutlanýar. Onuň göwrüm agramy $1400-1600 \text{ kg/sm}^3$, ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti bolsa 0,5-0,6. Şlakly kerpijiň kemçiligi bolsa onuň ýokary suwsinirijiligidir we ol 30-40% çäklerindedir.

Hekli-külli kerpiç. Ýanyjy slanesleriň we köp külli kömürler ýakylanda köp mukdarda kül alynýar we ol hem hek bilen garylýp, hekli-külli kerpiç taýýarlamak üçin ulanylýp bilner. Eger-de kül köp mukdarda hek saklaýan bolsa, mysal

üçin käbir ýanyjy slanesleriň küli, onda kerpiji heki goşmazdan taýýarlap bolýar. Käwagt garynda käbir mukdarda çäge goşýarlar.

7.2. Silikat kerpijiniň önümçilikde taýýarlanylşy

Silikat kerpijini öndürmegiň birnäçe usullary bar. Olar ulanylýan hekiň görnüşi boýunça, ony söndürme metody we gatama prinsipi boýunça tapawutlandyrylýar. Hek puşonka we hamyr görnüşinde ulanylyp biler. Puşonkany çäge bilen garyp, ulanylýan gidrat usuly hem käbir ýurtlarda ulanylýar. Hek hamyrynyň ulanylmagy giň gerime eýe bolup bilmedi, sebäbi ony çäge bilen garmaklyk kyn bolanlygy sebäpli ol has çyg massany emele getirip bilmeýär.

Söndürme metody boýunça önümçilikde baroban we silos usullary tapawutlandyrylýar. Bu usullaryň ikisi hem üwelen kipelkany çäge bilen tä sönýänçä garenak usuly boýunça işleýän silikat kerpiç zawodlarynda ulanylýar.

Gatama prinsipi boýunça bolsa howada gatamak hem-de pes we ýokary basyşly buguň täsiri astynda gatamak ýaly usullar bar. Düzgün bolşy ýaly silikat kerpijiniň gatamasy awtoklawlarda buguň ýokary basyşynyň täsiri astynda amala aşyrylýar.

Baraban we silos usullary ulanylýan zawodlaryň önümçilik prosesleri aşakdaky operasiýalardan ybarat: çägäni karýerden almak we ony elemek; heki ýakmakwe alnan kipelkany üwemek; çäge bilen üwelen kipelkany garmakwe alnan garyndyny söndürmek; kerpiçleri preslemek; kerpiçleri awtoklawda buglamak.

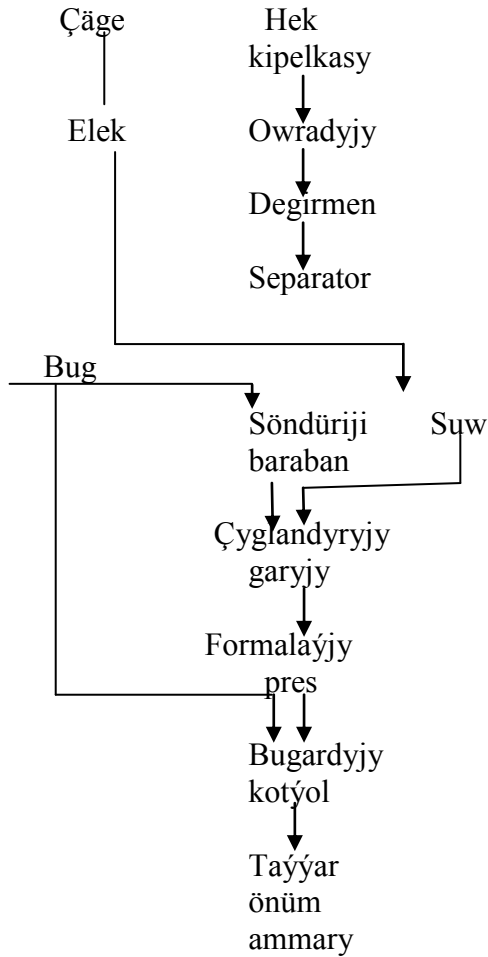
Karýerlerden gelýän çägede dürli iri goşundylar duş gelýärler. Olar bolsa önümçilik prosesinde kerpijiň zaýa bolmagyna ýa-da enjamlaryň döwürmegine sebäp bolup biler. Şonuň üçin onuň elekden geçirilmegi zerurdyr. Elemek üçin iň giň ýaýran apparatlaryň biri hem baroban elegidir. Bular ýaly

elegi ulanmaklyk gyş wagtларыnda käbir kynçylyklary döredýär. Şonuň üçin hem käwagtlar baroban eleginiň deregine hallan atýan ýa-da wibrasiýaly tekiz eleklerulanylýar. Käbir ýagdaýlarda çägniň doňan böleklerini owradyjydan geçirýärler.

Heki önümçilige taýýarlamak prosesi, ony sortlamakdan, owratmakdan we üwemekden ybaratdyr. Heki sortlamak onuň düzüminden doly ýanmadyk we öte ýanan bölekleri aýyrmakdan, şeýle-de dürli goşundylary aýyrmakdan ybaratdyr. Hek ownadylanda ol ilki bilen owradyjylarda owradyлма сезewar bolýar. Owradyjylaryň içinde iň giň ýaýrany bolsa Blekiň ýaňakly owradyjysydyr, oňa material plastina görnüşli transporter arkaly berilýär. Owradyлма bölekleriň ölçegleri 40-50 mm bolýança dowam edýär. Owradyjydan çykan material separator ýa-da elek bilen üpjün edilen şarly degirmende üwelýär. Hekiň degirmene gyradeň berilmegi bolsa iýmitlendiriji tarelkanyň üsti bilen amala aşyrylýar. Ähli owradyjy we üweýji apparatlar tozan tutujy gurluşlar bilen üpjün edilmelidir.

Çäge we üwelen sönmedik hek söndüriji barabanyň üstünde aýratyn bunkerlere düşýär we ol periodiki doldurylyp durulýar. Munda ýörite apparatlaryň üsti bilen amala aşyrylýan çägniň we hekiň takyk dozalanmagynyň uly ähmiýeti bardyr. Çäge adatça göwrümi boýunça ölçeg bunkeriniň kömegi bilen amala aşyrylýar, hek bolsa awtomatiki tereziniň kömegi bilen amala aşyrylýar.

Silikat kerpijiniň baraban usuly boýunça önümçilik shemasy aşakdaky ýalydyr:



Baraban usuly boýunça silikat kerpijiniň önümçiliginiň
SHEMASY.

Söndüriji baraban daşky görnüşi boýunça aýlanýan
metalliki silindr görnüşinde bolup, ol aýratyn kebşirlenen ýa-da

berklenen böleklerden durýar. Barobana heki we çägäni ýüklemek we düşürmek barobanyň ortaky böleginde ýerleşýän germetiki ýapylýan lýugyň kömegi bilen amala aşyrylýar. Söndürmeklik üçin bolsa bug ulanylýar, ýöne eger-de çäge zawoda gury görnüşinde getirilen bolsa, onda bugdan başga-da barobana suw berilýär. Bug 3-5 at basyşda goýberilýär, söndürilende bolsa 143-158⁰ temperaturada amala aşyrylýar. Söndüriji barobana bug we suw iki sany biri-biriniň içinden geçýän turba arkaly gelýär, bu turbalaryň içkisinden bug ýa-da suw goýberip bolýar, daşyndakydan bolsa diňe bug goýbermek mümkin. Barobana material ýüklenenden soňra ol ilki 5 min. dowamynda hek bilen çägäni garmak üçin bugsyz aýlanýar, soňra bug goýberilenden soňra bolsa 20-25 minutlap aýlanýar. Aýlanmanyň tizligi 3 aý/min. Materialy söndürmäge we ony barobandan çykarmak üçin 40-55 min. harçlanýar. Barobana 8-10m³ massa ýüklenilýär.

Önümçiligiň silos usuly çäge bilen heki suw bilen bilelikde garmakdan ybaratdyr we ol suwuň mukdary garyndynyň agramynyň 7-10%-ni düzýär. Garylan massa söndürmek üçin siloslara berilýär we ol 7-10 sag. dowam edýär. Siloslar demirden, demirbetondan we agaçdan bolýarlar. Silosyň içinden massany çykarmak üçin silosyň düýbi 30-35⁰ ýapgyt bolýar. Söndürilende silosyň temperaturasy 50-60⁰ ýetýär. Söndürilmeden soň önümçiligiň gidişi baroban we silos usuly meňzeşdir. Şol ýa-da beýleki usul bilen söndürilen massa lopastly garyja ýa-da begunylara berilýän we ol ýerde massany goşmaça çyglandyрма we garma bolup geçýär. Pressleme prosesi presse gelýän massanyň çyglylygynyň 7-10% bolmagyny talap edýär. Hekli-çägeli massa 150-200 kg/sm² basyş astynda presslenýär. Pressleme oňa kesgitli ölçeg we forma berýär, çig mal massasyny dykyzlandyrýar, howany aýyrmagyň hasabyna çägäniň we hekiň bölejiklerini özara golaýlaşdyrýar, bu bolsa bugardylmada gidrosilikat kalsiýyň emele gelme reaksiýasyny tizlendirýär. Presslemede basyş näçe

ýokary boldugyça şonçada çägäniň we hekiň bölejikleri biri-birine ýakyn bolar we şol esasyda bugardylma reaksiýa doly geçer.

Silikat kerpiç önümçiliginde press iň çylşyrymly maşyndyr. Zawodlarda dürli sistemaly presler duş gelýär, emma olaryň hemmesi massany aşakdan ýokarlygyna birtaraplaýyn gysmak prinsipi boýunça hereket edýär. Olaryň tapawudy aýratyn mehanizmleriň gurluşynda jemlenýär.

7.3. Silikat kerpiçiniň häsiýetleri we ulanylyşy

Silikat kerpiçi göniburçly parallelepiped görnüşli bolup onuň ölçegleri 250x120x65 mm. Standarta laýyklykda ol deň granly, ýiti gapyrgaly we göniburçly bolmaly. Uzynlygy boýunça goýberilýän ýalňyşlyklar ± 3 mm., ini we galyňlygy boýunça ± 2 mm. Kerpiçiň üst ýüzi gyra deň reňkli, jaýryksyz bolmalydyr.

Mehaniki berkligine baglylykda silikat kerpiçi dört marka bölünýär: 150, 125, 100 we 75. kerpiçiň markasy onuň gysylandaky berkligine deňdir. Görkezilen markalaryň epilendäki berklik çägi 28, 25, 22 we 18 kg/sm^2 düzýär.

Daşky görnüşi boýunça silikat kerpiçi iki sorta bölünýär.

I sorta kerpiçiň burçlary 10mm çenli küteldilen bolup biler, II sort bolsa-20mm.

Kerpiçiň suw siňdirijiligi 16%-den köp bolmaly däl.

Kerpiç aýaza çydamly bolmalydyr. Suwdan doýurylan kerpiç 15° temperaturada 15 gezek doňdurylyp, eredilmeginden soňra onuň gysylandaky berklik çägi: 150 marka- 90 kg/sm^2 pes däl, marka 125-75 kg/sm^2 we 100 marka – 60 kg/sm^2 . marka 75 bolsa 10 gezek doňdurylyp eredilenden soňky gysylandaky berkligi 45 kg/sm^2 pes bolmaly däl.

Silikat kerpiçiniň reňki aýk çal bolup, ol ak reňke golaýdyr. Silikat kerpiçini dürli reňklerde öndürmek mümkin, onuň düzümine 0,1-3% mukdarda mineral reňkleýjileri

girizilýär. Bu reňkleýjileri söndürmeden soň hekli-çägesow massanyň düzümine girizilýär we garyndy begunylarda birmeňzeş massa alynýança işlenilýär we soňra kerpiç görnüşinde preslenýär.

Silikat kerpiçi köp gatly ýaşaýyş, jemgyýetçilik we senagat binalarynyň gurluşygynda gyzyly kerpiç bilen bir hatarda ulanylyp biler. Silikat kerpiçini fundament örmekde ulanmak bolmaýar, sebäbi oňa kömürturşy kislota saklaýan akyndy suwlar ýaramaz täsir edip, turşy kömürturşy kalsiýý emele getirip kerpiçiň owranmagyna getirýär. Şeýle-de silikat kerpiçini peç örmekde ulanmak bolmaýar, sebäbi ol ýokary temperaturanyň dowamly täsirine çydamsyz bolýar.

7.4. Silikat kerpiçini taýýarlamakda ulanylýan çig mallar we olaryň häsiýetleri

Silikat kerpiçini öndürmek üçin ulanylýan çig malyň esasy görnüşlerine çäge, hek we suw degişlidir. Berlenlere görä silikat kerpiç zawodlarynyň 50% köpüsi hek ýakylýan seh bilen üpjün edilendir we ol sehe çig mal bolup karbonat jyns bolan hek daşy hyzmat edýär. Köp zawodlar çig malyň esasy görnüşinden başga-da suglinka, trepel we beýleki kremnezýomly jynslary, küli, metallurgiýa şlaklaryny we senagat galyndylaryny ulanýarlar. Görkezilen materiallar adatça berkidiji ýa-da aktiw doldurgyçlar hökmünde, kábiri bolsa dykyzlandyrmak üçin ulanylýar.

Tebigy we emeli çäge. Silikat kerpiçiniň esasy komponenti (massasy boýunça 85-90%) çägedir, şonuň üçin hem silikat kerpiç zawodlaryny çägeli ýataklaryň golaýynda ýerleşdirýärler we ol karýerler hem zawodyň bir bölegi bolup durýar.

Çäge – bu ölçegi 0,1-5 mm bolan dürli mineralogiki düzümlü, sepelenýän däneleriň ýygnanmasydyr. Gelip çykyşy boýunça çägeleri iki topara bölünýär-tebigy we emeli.

Emeli çäge dag jynslarynyň owradylmagy we ş.m. netijesinde emele gelyär. Niýetlenişi boýunça olary beton we demirbeton önümleri, örmek we suwarmak üçin ergin taýýarlamak üçin, silikat kerpiçi üçin çägelere bölünýär.

Tebigy çägeler. Tebigy çäge çökündi dag jynsydyr. Onuň düzümi dürli fiziki we himiki faktorlaryň täsirine baglylykda üýtgeýär.

Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiýasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan–sagdynlygyň we 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“ gazeti 2003- nji ýylyň 27-nji awgusty.
9. „Türkmenistanyň nebit-gaz senagatyny ösdürmegiň 2030-nji ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy“. Aşgabat, 2006.
10. Kličowa Ş.A. Sementiň tehnologiýasy, umumy okuwyň beýany. Aşgabat, 2006.
11. Б.В.Алексеев. Технология производства цемента. М., 1980.
12. Ю.М.Бутт, М.М.Сычев, В.В.Тимашев. Химическая технология вяжущих материалов. М., 1980.

13. Ю.М.Бутт. Технология цемента и других вяжущих материалов. М.,1976.
14. Ю.М.Бутт, В.В.Тимашев. Портландцемент. М., 1974.
15. А.В.Волженский. Вяжущие материалы. М., 1986.
16. В.Дуда. Цемент. М., 1981.
17. И.В.Кравченко, Т.В.Кузнецова, М.Т.Власова . Химия и технология специальных цементов. М., 1971.
18. В.В.Монастырёв. Производство извести. М., 1972.
19. С.С.Печуро. Производство гипсовых и гипсобетонных изделий и конструкций. М., 1971.
20. Л.Н.Поров. Лабораторный контроль строительных материалов и изделий. М., Стройиздат, 1986.
21. С.М.Рояк, Г.С.Рояк. Специальные цементы. М., 1983.
22. ГОСТ 5382-65 Цементы. Методы химического анализа.
23. Л.М.Сулименко Общая технология силикатов М., 2010

Mazmuny

Sözbaşy	7
Giriş	8
1. Berkidiji materiallaryň önümçiliginiň ösüş taryhy	11
1.1 Berkidiji maddalaryň klassifikasiýasy	11
1.2 Gips berkidiji maddalar we çig mallar	12
1.3 Çig mallar we önümçilikde gidrawliki berkidiji maddalar	13
2. Portlandsement önümçiligi	17
2.1 Portlandsement barada umumy maglumat	17
2.2 Önümçilikde portlandsementiň çig mal serişdeleri	20
2.3 Aýlanma peçler we önümçilikde ulanylyşy	24
2.4 Çig mal garyndysy ýakylanda bolup geçýän prosesler	38
2.5 Gaty ýagdaýdaky reaksiýalar	48
2.6 Gazlaryň we materialyň peçdäki hereketi	52
3. Gazyň we materialyň temperaturasy	54
3.1 Ýylylyk çalşygy	54
3.2 Ýakylanda materialyň özgermegi	55
3.3 Aýlanýan peçleriň ýylylyk balansy	62
3.4 Portlandsementiň gatamagy	65
3.5 Portlandsement gatandaky himiki prosesler	67
4. Portlandsement garyndylaryň we betonlaryň korroziýasy	74
4.1 Korroziýa bilen göreşmek	74
4.2 Portlandsement garyndysynyň we betonlaryň suwa çydamlylygynyň ýetmezçilikleriniň sebäpleri	74
4.3 Korroziýa bilen göreşmek boýunça geçirilýän çäreler	81
4.4 Sement daşynyň himiki korroziýasy	84

4.5	Sement daşynyň fiziki korroziýasy	86
5.	Portlandsementiň aýratyn görnüşleri	90
5.1	Çalt gataýan portlansement	90
5.2	Tamponaž sementleri	94
5.3	Toýuntoprakly sement. Toýuntoprakly sementiň himiki düzümi	96
5.4	Toýuntoprakly sementi öndirmegiň usullary	97
5.5	Giňelýän sement	102
5.6	Romansement. Çig mallar. Önümçilikde häsiýeti we ulanylyşy	109
5.7	Pussolan sementler	111
5.8	Pussolan portlandsementi. Pussolan portlandsementiň taýýarlanylyşy	116
5.9	Hekli pussolan, glinit-hekli, we külli-hekli sementler	127
5.10.	Azbest önümlerini öndürmek üçin portlandsement	134
6.	Azbestsement önimleri	135
6.1.	Azbestsement önümleriniň häsiýetleri we olaryň ulanylyşy	135
7.	Hekli-çägesow önümler	139
7.1.	Ýeňil silikat kerpiçi	139
7.2.	Silikat kerpijiniň önümçilikde taýýarlanylyşy	142
7.3.	Silikat kerpiçiniň häsiýetleri we ulanylyşy	146
7.4.	Silikat kerpiçini taýýarlamakda ulanylýan çig mallar we olaryň häsiýetleri	147
	Edebiýat	149