

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

URGANCH DAVLAT UNIVERSITETI

Qo'lyozma huquqida

UDK 661.333:666.9

ERNAZAROVA GULNOZA XALILA QIZI
“KALSINATSIYALANGAN SODA ISHLAB
CHIQARISH CHIQINDISI- KALSIY XLORID ASOSIDA
ALINIT SEMENTI OLIH TEXNOLOGIYASI”
MAVZUSIDA IZLANISHLARI

5A320404 “Silikat va qiyin eriydigan nometall materiallar texnologiyasi”

Magistr akademik darajasini olish uchun
yozilgan dissertatsiya

Ilmiy rahbar:
Prof. Jumaniyozov M.J.

Urganch-2017.

MUNDARIJA

KIRISH.....	2
I BOB. ADABIYOTLAR SHARHI	
1.1. Soda ishlab chiqarish texnologiyasi, ishlab chiqarish jarayonida xosil bo‘luvchi chiqindilar.....	7
1.2. Silikat materiallar klassifikatsiyasi.....	10
1.3. Sement turlari, kimyoviy va mineralogik tarkibi.....	17
1.4. Sement ishlab chiqarishda ishlatiladigan xom-ashyo materiallar.....	28
II BOB. ASOSIY TADQIQOT OB’EKTI VA USLUBLARI	
2.1. Ilmiy-tadqiqot olib borish usullari.....	53
2.2. Sinov ishlarini olib borish.....	54
2.3. Tishlashish muddatini aniqlash.....	56
2.4. Sementning xajmini bir me’yorda o‘zgarishini aniqlash.....	58
2.5. Egilish va siqilish kuchiga bo‘lgan mustaxkamlik chegarasini aniqlash usuli.....	59
III BOB. TAJRIBA-TADQIQOT QISMI	
3.1. Soda ishlab chiqarish chiqindilarini xossalarini tadqiq etish.....	65
3.2. Soda ishlab chiqarish chiqindisi kalsiy xlorid asosida alinitsement shixtasining xisobi.....	67
3.3. Soda ishlab chiqarish chiqindisi asosidagi alinitsement shixtasini kuydirish.....	70
3.4. Alinit sement ishlab chiqarish texnologiyasi.....	77
XULOSALAR	81
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI	82

KIRISH

Mavzuning dolzarbligi. Respublikamizda sanoat korxonalarini rivojlantirish ishlab chiqarish jarayonlarini rivojlantirish borasida ilg'or ishlar amalga oshirilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2006 yil 15 sentyabrdagi PQ468sonli "Qo'ng'irotda soda zavodining ishga tushirilishi to'g'risida"gi qaroriga asosan Markaziy osiyoda yagona bo'lgan kalsinirlangan soda ishlab chiqaruvchi korxona ishga tushirildi. Korxonada ishlab chiqariladigan maxsulotlar Respublikamiz kimyo va silikat maxsulotlar ishlab chiqaruvchi korxonalar ehtiyojlarini qondirish bilan bir qatorda Qozoqiston, Rossiya va Turkiya davlatlariga eksport qilinmoqda. Zavodda amiakni reginerlash jarayonida kalsiy xlorid chiqindi bo'lib ajralib chiqmoqda. Xozirgacha 9000000 tonnadan ortiq kalsiy xlorid maxsus chiqindixonada saqlanmoqda va bu ko'p tonnali chiqindidan foydalanish xozirda **dolzarb muammolardan** biri xisoblanadi. Shu sababi keyingi yillarda ayrim davlatlarda ko'p tonnali chiqindi chiqaruvchi korxonalar faoliyati cheklanmoqda. Jumladan Chexiyada 2 ta Angliyada 6ta Belgiyada 3ta soda zavodi chiqindilari tufayli tugutildi.

O'zbekiston Respublikasining Prezidenti I.A. Karimovning "Jahon moliyaviy – iqtisodiy inqirozi, O'zbekiston sharoitida uni bartaraf etishning yo'llari va choralari" asarida [2] jaxon inqirozidan chiqishning muqobil yo'llari ko'rsatib o'tilgan. Ayniqsa xududiy ishlab chiqarishlarni rivojlantirish, maxalliy xom-ashyo resurslarini ishlab chiqirishga tadbqiq etish, yangi texnologiyalarni joriy etish, maxalliy xom-ashyo zaxiralarini qayta ishlash, korxonalarining bazalarini kengaytirishga qaratilgan ishlar inqirozdan chiqishning omillari ekanligi ko'rsatib o'tilgan. Respublikamiz xalq xo'jaligini yuqori darajaga ko'tarishda silikat materiallari ishlab chiqarish soxasi muxim ahamiyatga ega. Silikat materiallar sanoatida ishlab chiqariladigan mahsulotlar ichida sement eng muximlaridan biri xisoblanadi. Bu soxaning ahamiyati va muximligi Respublikamizdagi qurilayotgan uy-joylar, inshootlar va binolarning barpo etilayotganida xamda qurilish ishlarining tabora rivojlanayotganini ko'rish mumkin.

Respublikamizda sement ishlab chiqarish sanoatiga katta ahamiyat berilmoqda. Xozirgi kunda to'rtta yirik korxonada portlandtsement ishlab chiqarilmoqda. Sement ishlab chiqarish jarayoni asosan yuqori haroratlarda amalga oshiriladi va ko'p energiya talab qiluvchi ishlab chiqarishlardan biri xisoblanadi. Energiya resurslari taqchilligi kuzatilayotgan sanoat asrida bu turdagi maxsulotlarni past xaroratlarda ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish nafaqat bizning respublikamizda balki butun dunyodagi bosh masalalardan biridir.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Ilmiy adabiyotlarda berilgan malumotlar tahliliga ko'ra soda ishlab chiqarish chiqindisidan silikat maxsulotlar olish bo'yicha dunyo mamlakatlari olimlari tomonidan bir qancha ilmiy va amaliy tadqiqotlar olib borilgan.

Soda ishlab chiqarish chiqindilari asosida suyuq shisha ishlab chiqarish, xlorid kislota va kalsiy gidroksid olish past xaroratlarda pishuvchi alinit sement olish borarasida tadqiqotlar olib borilgan, lekin O'zbekiston sharoitida bu mavzudagi ilmiy ishlar olib borilmagan.

Tadqiqot maqsadi. Dissertatsiya ishimning maqsadi soda ishlab chiqarish chiqindilaridan silikat maxsulotlar olish imkoniyatlari borasida izlanishlar olib borishdan iborat.

Ushbu maqsadni amalga oshirish uchun quyidagilar vazifa qilib belgilanildi:

Ishning vazifalari:

- Soda ishlab chiqarish texnologiyasidan chiqadigan chiqindilardan silikat maxsulotlar olish imkoniyatlari borasidagi dunyo olimlari tomonidan olib borilgan izlanishlarini tahlil qilish.
- Soda ishlab chiqarishda chiqadigan chiqindining kimyoviy tarkibini va o'ziga xosligini taxlil qilish
- Silikat maxsulotlarning umumiy xarakteristikasini o'rganish
- Soda ishlab chiqarish chiqindisidan alinit sement olishning zarurligini ilmiy asoslash
- Sement ishlab chiqarish jarayonining puxta o'rganish

- Olingan Alinit sement ekspluatatsion xossalarini sinash uslublarini o'rganish
- Soda ishlab chiqarish chiqindilari asosida alinit sement olishning texnologik parametrlarini aniqlash;
- Olingan materiallarni fizik-texnik va kimyoviy xossalarini o'rganish;
- Ishlab chiqarishning tajriba - sanoat sinovlarini o'tkazish;

Tadqiqot ob'ekti: Qo'yilgan masalalarni yechish uchun quyidagi ob'ektlar tanlangan:

Soda ishlab chiqarish chiqindisi kalsiy xlorid, Jamansoy kareri oxaktoshi, Xo'jako'l gili va gipstosh.

Tadqiqot predmeti: Soda sanoati chiqindisi kalsiy xlorid va maxalliy xom ashyolar asosida olingan klinker. Soda ishlab chiqarish chiqindisi va maxalliy xom ashyolar asosida olingan sement.

Tadqiqot usullari: Ishning bajarilishida tadqiqotlar, eksperimentlar, analizlar, ilmiy manbalar bilan ishlash, patentlarni chuqur o'rganish, ilg'or zamonaviy texnologiyalarni chuqur tahlil qilishdan iborat. Fizik kimyoviy tahlil elektron mikroskop, rentgenografiya, differensial termografiya, infraqizil spektroskopiya usullaridan va fizik-mexanik, kimyoviy xossalarini aniqlash uskunalaridan foydalanilgan.

Himoyaga olib chiqilayotgan asosiy holatlar:

-Maxalliy xom ashyolar va soda ishlab chiqarish chiqindisi kalsiy xlorid asosida past xaroartda pishuvchi va yuqori mexanik va kimyoviy xossalarga ega bo'lgan alinit sement tarkiblarini ishlab chiqish;

-termik ishlov berilgan materialning fizik-kimyoviy va fizik-mexanik xossalarini o'rganish;

- olingan alinit sementning qurilish-texnik xossalarini o'rganish va natijalarini sinab ko'rish.

Ilmiy yangiligi: Birinchi marta Qo'ng'iro't soda zavodi kalsiy xloridli chiqindisi alinit sement ishlab chiqarishda xom ashyoga qo'shimcha sifatida

ishlatish yo‘llari o‘rganildi. Kalsiy xlorid chiqindisidan foydalanib olingan alinit sementning pishish xarorati an’anaviy sement ishlab chiqarish xaroratidan 300-400°C past haroratda sodir bo‘ladi va bu bilan ishlab chiqarishda 30% gacha energiya tejash imkoniyati paydo bo‘ladi, qurilmalarning unumdorligi esa 1,5 barobarga oshishi mumkin. Kompleks fizik-kimyoviy usullar natijasida olingan sementning tarkibi aniqlandi, mexanik mustaxkamligini oshishi va qurilish-texnik xususiyatlarining yaxshilanishi, shixtani kuydirish va qotish jarayonida yangi birikmalarning xosil bo‘lishi bilan isbotlandi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Olingan natijalarning amaliy qiymati shundaki, soda zavodi chiqindilardan foydalanib past xaroratlarda pishadigan, yuqori fizik texnik xususiyatlarga ega bo‘lgan alinit sement olish imkoniyatlarini yaratishdan iborat. Tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, kalsiy xlorid chiqindisi xom ashyo sifatida sement ishlab chiqarishda foydalanilsa, klinkerning pishish xarorati 300-400 °C past haroratda sodir bo‘ladi va bu bilan ishlab chiqarishda 30% gacha yoqilg‘i resurslarini tejash imkoni tug‘iladi, kalsiy xlorid qo‘shib olingan alinit sement olish uchun optimal tarkiblar va ularning issiqlik ishlovi berish vaqtlari aniqlangan.

Ishning aprobatyasi. Tadqiqot natijalari, quyidagi anjumanlarda muhokama etilgan: Yosh olimlar, magistrantlar va bakalavriat talabalarining «XXI –asr intellektual avlod asri» shiori ostidagi ilmiy amaliy anjumani (Urganch, 2016 y.) va Kimyoviy texnologiya va oziqovqat sanoati korxonalarida ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirishda innovatsion g‘oyalar Respublika ilmiy amaliy anjumani (Namangan, 2016 y.).

Natijalarning e‘lon qilinganligi. Bajarilgan tadqiqot natijalari asosida 3 ta ilmiy maqolalar chop etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya ishi kirish, 4 ta bo‘lim, olingan natijalar muhokamasi, 80 ta foydalanilgan ilmiy-texnik, patent adabiyotlar manbaalari va internet ma’lumotlari ro‘yxati va ilovalardan tashkil topgan. Ish hajmi kompyuterda terilgan 88 varaqdan iborat bo‘lib, 5 ta rasm va 9 ta jadvalni o‘z ichiga oladi.

I BOB. ADABIYOTLAR SHARHI

1.1. Soda ishlab chiqarish texnologiyasi, ishlab chiqarish jarayonida xosil bo'luvchi chiqindilar.

Soda xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida foydalaniladi va uning 4 xili eng ko'p qo'llaniladi va ular quyidagilar [3]:

Kalsinirlangan soda Na_2CO_3 ,

Kristall soda o'z navbatida ikki xilga bo'linadi natrit - $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$,
termonatrit - $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Ichimlik va oziq ovqat sodasi NaHCO_3 .

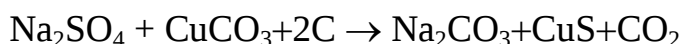
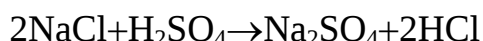
Kaustik soda NaOH .

Bulardan sanoatda eng ko'p ishlatiladigani kalsinirlangan soda bo'lib asosan shisha va keramik materiallar ishlab chiqarishda asosiy xom ashyolardan biri xisoblanadi.

Kalsinatsiyalangan soda - Na_2CO_3 , molekulyar massasi-106, natriy karbonat kristall kukun, zichligi $2,53 \text{ g/sm}^3$, suyuqlanish temperaturasi 853°C , suvda yaxshi eriydi.

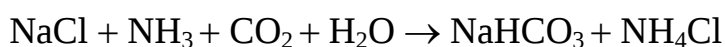
Soda (natriy karbonat) qadimgi davrlardan ma'lum bo'lgan. Soda dengiz o'simliklari va tabiiy sodaviy ko'llardan olingan.

1775 yilda fransuz olimi Leblan sanoatda quyidagi usul bo'yicha soda ishlab chiqarishni taklif etgan:



Xosil bo'lgan kattik moddadan suv yuvish usuli bilan soda eritmasi olingan. Eritmani bug'latish natijasida kattik soda ishlab chikarilgan. [4]

1865 yilda belgiyalik muxandis Solve soda ishlab chikarishning ammiakli usulini amalga oshirgan:



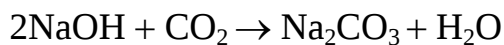
Leblan usuliga nisbatan Solve usuli quyidagi ijobiy tomonlaridan iborat:

1. Maxsulotning sifati yukori, toza soda xosil bo'ladi.

2. Ishlab chikrish jarayoninging uzliksizligi
3. Mexnat sharoitlari yaxshilanishi va ish kuchi kam sarflanishi
4. Elektroenergiya va yokilgilarning kamrok sarflanishi.[3-7]

O'zbekiston Respublikasini xal xo'jaligi uchun sodaga talab katta bo'lmoqda. Xozirgi kunda soda xorijiy davlatlardan katta miqdordagi valyuta bilan inport qilinadi. SHuning uchun Qoraqolpog'iston Respublikasi Qo'ng'iro't shaxrida soda zavodi qurilmoqda. Bu zavod xam soddani Solve usulida ishlab chiqaradi.

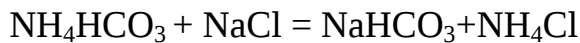
Yuqoridagi usullardan tashqari sodani natriy gidrooksididan olish mumkin:



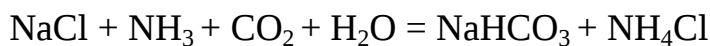
Rossiyada soda nefelin tabiiy rudasidan xam olish usuli mavjud. Bu ruda tarkibida asosan nefelin bo'lib ($3\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{SiO}_2$), undan alyuminiy oksid, potash va sement maxsulotlari xam ishlab chiqariladi [8-10].

Xozirgi zamon soda ishlab chiqarish korxonalarida asosan Solve usuli orqali ishlab chiqariladi.

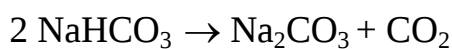
Ushbu usulda sodani ammoniy gidrokarbonat orqali olinadi:



Soda zavodlarida ammoniy gidrokarbonat NaCl suv eritmasi, NH_3 va CO_2 gazlaridan olinadi:

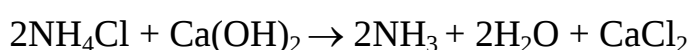


Ushbu reaksiya 2 ta pog'onada O'tkaziladi. Birinchi pog'onada absorbsiya va ikkinchi pog'onada karbonizatsiya jarayonlari O'tkaziladi. Karbonizatsiya jarayonida cho'kmaga tushgan NaHCO_3 filtratsiya usuli bilan ajaratiladi va uni parchalash natijasida soda olinadi:



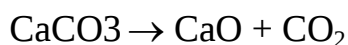
Parchalash temperaturasi $160-180^\circ\text{C}$ tashkil qiladi. Xosil bo'lgan uglerod oksid gazi karbonizatsiya Bo'limiga yuboriladi va bu erda asosiy jarayonlardan tashqari bir nechta yordamchi jarayonlar o'tkaziladi.

Xosil bo'lgan NH_4Cl dan ammiak regeneratsiya etilib, absorbsiya bo'limiga yuboriladi:

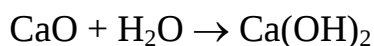


CaCl_2 chiqindi sifatida maxsus yig'indilarda saqlanadi. Kalsiy gidrooksid olish uchun zarur bo'lgan CaO karbonat xomashyosidan olinadi

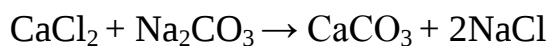
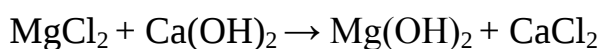
(oxak toshi).



CO_2 gaz karbonizatsiya bo'limiga yuboriladi, CaO dan kalsiy gidrooksid olinadi.



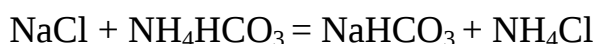
Barcha soda zavodlarida NaCl suv eritmasi Na_2CO_3 va Ca(OH)_2 yordamlarida Ca va Mg ionlaridan tozalanadi.



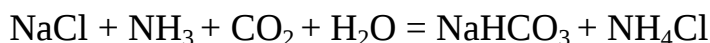
CaCO_3 va Mg(OH)_2 chiqindi sifatida saqlagichlarga tashlanadi, tozalangan NaCl eritmasi absorbsiya bo'limiga yuboriladi

Birlamchi rassolning tarkibida kalsiy va magniy tuzlari mavjud. Agarda ulardan rassol tozalanmasa, cho'kmaga quyidagi yaxshi erimaydigan birikmalar tushishi mumkin: CaCO_3 , Mg(OH)_2 , $\text{NaCl} \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$. Bu birikmalar apparatura, trubaalarda tiqilishi mumkin va tayyor maxsulotning sifatini pasaytiradi.

Soda ishlab chiqarishida ammiak HCO_3^- ionlarini NH_4HCO_3 va xlor ionlarini NH_4Cl moddalar shaklida bog'laydi:



Karbonizatsiya bo'limida ammoniylashgan rassol bilan dioksid uglerod absorbsiya qilinadi va natriy gidrokarbonat cho'ktiriladi. Bu jarayon quyidagi tenglama bo'yicha o'tadi:



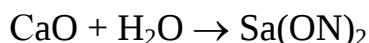
Soda ishlab chiqarishda kalsiy va uglerod ikki oksidlari asosiy xom ashyolardan biri xisoblanadi. Qo'ng'irotda soda zavodida bu yarim maxsulotlarni olish uchun Jamansay kareri oxaktoshidan foydalaniladi. Jamansay karerida oxaktoshni maydalash jarayonida 10-15% mayda fraksiyali chiqindi ajralib

chiqadi. Bu chiqindilarni ham o'z navbatida soda ishlab chiqarish ajralib chiqadigan chiqindilarga kiritish mumkin.

Ca va C oksidlari 1200°C temperaturada karbonat xomashyoni kuydirish natijasida olinadi:

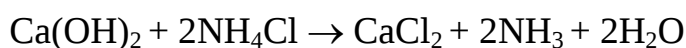


Kalsiy gidrooksid suv bilan kalsiy oksid stexiometrik nisbatida reaksiyaga kirishgan natijasida olinadi:



qattiq sochiluvchan kukun xosil bo'ladi (pushonka) Ca(OH)_2 suvda yaxshi erimaydi, temperatura oshishi bilan eruvchanligi kamayadi.

Suvda yaxshi erimagani uchun distillyasiya bo'limida Ca(OH)_2 ning suspenziyasi qo'llaniladi [11,12]. Ammoniy xlorid bilan reaksiyaga oldin suvda erigan Ca(OH)_2 kirishadi.



Distillerli suyuqlik ichidan CaCl_2 va NaCl ni ajratib olish mumkin. Bunda olinuvchi osh tuzidan ozuqa mahsuloti sifatida foydalanish yoki uni yana ishlab chiqarishga qaytarish mumkin. Kalsiy xloridini sotish ancha **mushkul bo'lgan muammodir**.

1.3. Sement turlari, kimyoviy va mineralogik tarkibi

Qisman erib qovushib qolguncha quydirilgan klinkerni gips, ba'zi hollarda esa maxsus qo'shimchalar bilan birgalikda tuyishdan hosil bo'lgan gidravlik bog'lovchi modda semyent deb ataladi. Kuydirish maxsulotida kalsiy silikatlar ko'p bo'ladi (70...80%). Qisman erish natijasida qovushib qotib qolgan mayda-yirik tosh bo'laklar klinker deyiladi.

Semyent xossalarini o'zgartirib turish, shuningdyek, uning tannarxini kamaytirish maqsadida aktiv va inert mineral qo'shimchalar qo'shishga ruxsat etiladi. Inert qo'shimchalar (oxaktosh, dolomit, kvars qum va boshqalar) miqdori 10% dan, aktiv (trepel, dolomit, vitrofir, trass, shlak, gliej va boshqalar) qo'shimchalar miqdori esa 15% dan oshmaslik kerak. Biroq gidravlik qo'shimchalar 20% va undan ortiq bo'lishi ham mumkin [37]. U holda maydalangan maxsulot nomi qo'shilganiga qarab boshqa, ya'ni qo'shilma sifatida donador domna shlagi ishlatilsa shlakoportlandsement deb, tabiiy gidravlik qo'shilmalar ishlatilsa pussolan portlandsement deb ataladi.

Klinkerni tuyayotganda unda odatda ko'pi bilan 3% gips (sulfat kislota anhidridiga nisbatan xisoblaganda) qo'shiladi. Bu bilan sementning tishlashish muddati uzaytiriladi. Bu esa hossalariga yaxshi ta'sir qiladi.

Portlandsement klinkeri o'lchamlari 10...20 mm dan 50...60 mm gacha mayda va yirik donalar ko'rinishda olinadi. Qovushib pishgan klinker o'zining mikrostrukturasiga ko'ra murakkab zarrachasimon turli kristallar va qisman shishasimon maxsulotlar aralashmasidan iborat. Klinker sifati asosiy oksidlar miqdori, mineralogik tarkibi, asosiy oksidlarning o'zaro nisbatiga qarab baxolanadi. Portlandsement klinker ishlab chiqarish uchun hom ashyo materiallari sifatida gil yoki lyoss va oxaktosh jinslar ishlatiladi. Gil yoki lyoss jinslar turli moddalardan tashkil topgan. Ulardan asosan uchta oksid bor: SiO_2 ; Al_2O_3 va Fe_2O_3 . Lyossda 15-25% atrofida CaCO_3 bor. O'zbekiston sement zavodlarida asosan lyoss ishlatiladi. Oxaktoshlar asosan kalsiy karbonatdan iborat. Kalsiy karbonat esa ikki oksid – CaO va CO_2 dan iborat. Klinker kuydirilganda CO_2 gazi ajraladi; CaO , SiO_2 , Al_2O_3 va Fe_2O_3 asosiy oksidlar va asosiy klinker minerallarini

hosil qiladi. Magniy oksid (MgO), ishqorlar (Na_2O va K_2O), titan ikki oksid (TiO_2), fosfor angidrid (P_2O_5) ma'lum darajada ta'sir ko'rsatuvchi oksidlar ham bor [38]. Asosiy va qo'shimcha oksidlar miqdori qo'yidagicha CaO 63-67%, SiO_2 -21-24%, Al_2O_3 -4-8%, Fe_2O_3 -2-4%, MgO -0,5-5%, SO_3 -0,3-1%, Na_2O va K_2O -0,4-1%, TiO_2 -0,2-0,5%, P_2O_5 -0,1-0,3%.

1500°C temperaturada kuydirilgan erkin magniy oksid suv ta'sirida so'nish qobiliyatini yo'qotmasa ham, u juda sust so'nadi. Uning so'nish jarayeni qotib qolgan sementoshda ham davom etishi mumkin. Natijada qorishma va beton yoriladi. Bunday xavfli xolning oldini olish uchun sement tarkibidagi erkin magniy oksid miqdorin standart tomonidan chegaralanadi va 4,5% dan oshmasligi zarur [39].

Sementda kaliy va natriy oksidlar bo'lmasa yaxshi, chunki ular sementning tishlanish muddatiga ta'sir qiladi. Bundan tashqari, ishqorlar betonda to'ldirgichlar bilan o'zaro kimyoviy ta'sir etishi mumkin. Natijada qotgan betonning darz ketishiga Sababchi bo'ladigan natriy va kaliy silikatlar hosil bo'ladi. Bu reaksiya atrof muxit yetarlicha nam bo'lsa, juda tez ketadi. SHu sababli gidrotexnik betonlar uchun sement va to'ldirgichlar tanlayotganda sementda qancha ishqor borligi hisobga olinishi lozim va to'ldirgichlarda amorf qumtuproqdan qancha borligi aniqlanadi. Ishqoriy metal oksidlar bo'lsa, beton yuzasida shur dog'lar xosil bo'ladi.

Standartga ko'ra, sement tarkibida ishqor 1-2% miqdorda bo'lishi mumkin, ammo gidrotexnik betonlar uchun 0,6% dan, yer usti konstruksiyalarini qurishda ishlatiladigan qorishma va betonlar uchun esa 1% dan ortiq ishqor bo'lgan sement ishlatish tavsiya etilmaydi.

Fosfor angidrid 1,5...2% dan ortsa, sementning qotish jarayeni sekinlashtiriladi. Sementda 4% gacha titan ikki oksidi bo'lsa, yomon ta'sir ko'rsatmaydi, ammo ko'p bo'lsa mustaxkamligi kamayadi.

CaO , SiO_2 , Al_2O_3 va Fe_2O_3 oksidlar klinkerda birikib kalsiy silikat, kalsiy alyuminat va kalsiy alyumofyerritlarni hosil qiladi. Kalsiy silikatlar oraligida

shishasimon amorf oraliq moddalar dyeb ataluvchi alyuminat va alyumofyerritlar joylashadi. Minerallar quyidagicha yoziladi [40]:

45-60%- $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ yoki C_3S -alit

15-37%- $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ yoki C_2S -belit

7-15%- $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ yoki C_3A —uchkalsiyli alyuminat

10-18%- $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ yoki C_4AF —turtkalsiy alyumofyerrit

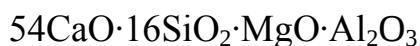
Ishlab chiqarish sharoitlarida CaO ni yuqorida ko'rsatib o'tilgan minerallar ko'rinishida batamom biriktirish qiyin. SHuning uchun klinker tarkibida erkin, birikmagan holda bir oz CaO qolishi mumkin. Klinkerda erkin CaO bo'lsa, u sement xosSalariga magniy oksidiga nisbatan xavfliroq ta'sir ko'rsatadi, ya'ni uning hajmi juda notekis o'zgaradi. Erkin CaO sementtoshni buzib yubormasligi uchun klinkerni tuyishdan oldin erkin CaO holdagi nam ta'siridan so'nib ulgiradigan qilib ma'lum vaqt omborlarda yetiltiriladi. SHunda klinker birmuncha yumshaydi va uni tuyish osonlashadi. Klinkerning mineralogik tarkibiga qarab, portlandsement quyidagi turlarga bo'linadi: alit portlandsement, undagi uch kalsiy silikat 60% dan ortiq, $\text{C}_3\text{S}:\text{C}_2\text{S}$ nisbatsn eSa 4 dan katta; belit portlandsement tarkibida 37% dan ortiq ikki kalsiy silikat bor, $\text{C}_3\text{S}:\text{C}_2\text{S}$ nisbatiga 1 dan kam; alyuminat portlandsement tarkibida uch kalsiy alyuminat miqdoriga qarab sementlar oz alyuminatli (S_3A dan 5% gacha), o'rtacha alyuminatli (5...9% S_3A) va ko'p alyuminatli (S_3A 9%) dan ortiq sementlarga bo'linadi; alyumofyerit (selit) portlandsement, tarkibidagi to'rt kalsiy alyumofyerrit 18% dan ortiq.

Alit-portlandsementning yuqori mustaxkamligi, tez qotuvchanligi va boshqa qator xosSalarini ta'minlovchi klinkerning muxim silikat minerallidir. Uning miqdori klinker tarkibida 45...80%. Hozirgi kunda uni uch kalsiy silikatning kam miqdordagi MgO , Al_2O_3 , P_2O_5 , Cr_2O_3 va boshqalar bilan qattiq eritmasi dyeb xisoblanadi. C_2S tarkibida bu moddalarning miqdori kam bo'lishiga (2...4%) qaramay, ular C_3S ning struktura va xosSalariga ma'lum darajada ta'sir ko'rsatadi.

Alit kristallar odatda oltiyoqlik yoki turtburchaklik shaklida bo'ladi. Uning zichligi $3,15 \text{ g/sm}^3$. Toza C_3S $1200\text{...}1250^\circ\text{C}$ dan $1900\text{...}2070^\circ\text{C}$ gacha

temperatura oralig'ida barkaror bo'ladi. Bu temperaturadan pastda C_3S - C_2S va CaO ga parchalanadi, $2070^{\circ}C$ dan yuqorida esa C_3S eriydi. Pastki temperatura chyegarasi amaliy ahamiyatga ega. Chunki klinker Sanoat pyechida so'vish zonasiga o'tib so'viyotganda bir oz vaqt $1200...1250^{\circ}C$ chyegarada turib qoladi, bu esa C_3S ning parchalanishiga olib kyeladi, klinker sifatini yomonlashtiradi.

Sementning mustaxkamligiga va boshqa xossalariga klinkerdagi alit kristallarining shakli ham ancha ta'sir ko'rsatadi. Pyetrografik taxlillarning ko'rsatishiga, $500...600$ markadagi portlandsementni tayyerlash uchun klinker tarkibidagi turli o'lchamli alit kristallarining orasida asosan o'lchami $3...80$ mkm yiriklikdagi kristallar ko'proq bo'lishi kyerak. Portlandsement klinkerida xosil bo'ladigan alit tarkibini qo'yidagi formula bilan ifodalash mumkin.



Belit – sement klinkerining ikkinchi asosiy minerallaridan biridir. U alitdan dastlabki kunlarda sekin qotishi bilan farqlanadi. Ikki kalsiy silikat, alit singari kam miqdordagi qo'shimchalar ($1...3\%$) bilan qattiq eritma xosil qilib belitga aylanadi. Bunday qo'shimchalarga Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 va boshqalar kiradi. Ikki kalsiy silikatning beshta polimorf formasi borligi aniqlangan β - C_2S ; α - C_2S ; α' - C_2S ; γ - C_2S ; β' - C_2S .

Erish temperaturasi $2130...1425^{\circ}C$ chegarada α -modifikasiya barqaror bo'ladi, bu temperaturalardan pastda α' -formaga o'tadi. Sanoat klinkerlarida α -modifikasiyani barqarorlashtirish qiyin bo'lgani uchun u kam uchraydi, α' - C_2S $1425...830^{\circ}C$ temperaturada barqaror. Bundan past temperaturada, sekin sovitish sharoitida toza α' - C_2S turi past temperaturada barqaror bo'lgan γ - C_2S formaga o'tadi. α' - C_2S tez sovitilganda $670^{\circ}C$ gacha hamma temperaturada barqaror bo'lmagan va γ - C_2S ga aylanishiga moyil bo'lgan β - C_2S formaga o'tadi. Ammo bu jarayenning kyetishiga β - C_2S kristallik turiga kam miqdorda ($1...3\%$) kirib qolgan qo'shimchalar halaqit beradi. Barqarorlashtiruvchi qo'shimchalar rolini Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , Na_2O , K_2O va Cr_2O_3 hamda boshqalar bajaradi. β - C_2S formaning γ - C_2S ga aylanishda umumiy hajmi 10 ga ortadi. SHuning uchun

material donalarining yorilishi va kukunga aylanishi kuzatiladi, γ - C_2S $100^{\circ}C$ gacha temperatura muhitida dyeyarli suv bilan ryeaksiyaga kirishmaydi. SHuning uchun u bog'lovchilik xususiyatlarini namoyen qilmaydi. Faqat nam issiq sharoitda ishlov berilganda u bog'lovchilik xususiyatlarini namoyen qiladi. β - C_2S ning zichligi $3,28 \text{ g/sm}^3$ tyeng, γ - C_2S niki esa $2,97 \text{ g/sm}^2$.

Belitning gidravlik aktivligi, alit kabi kristallarining tuzilishi, kristallarning o'lchami, zichligi, yoriqlar, qo'shimchalarning strukturasi bog'liq. Tajdor chyetli dumaloq zich strukturali o'rtacha o'lchamlari $20...50 \text{ mkm}$ bo'lgan belitli sementlar yuqori mustaxkamlikka ega. Yuqori temperatura ta'sirida erigan holdagi alyuminat, alyumofyerritlar va boshqa ikkinchi darajali minerallar oraliq modda tarkibiga kiradi.

To'yinish koeffitsiyenti (TK) yuqori bo'lmagan va odatdagi qumtuproq modulli klinkerlarda kalsiy alyuminatlarning $S_{11}A_7$ va S_3A shakli uchraydi. TK yuqori bo'lgan klinkerda esa alyumofyerritlar bilan birga faqat C_3S xosil bo'ladi. Klinkerning alyumofyerritli qismi o'zgaruvchan tarkibga ega bo'lib C_2F , $S_{11}A_7$ va erkin CaO dan iborat qattiq eritma holida bo'ladi.

Kalsiy alyumofyerritlarning qattiq eritmasida qo'yidagi birikmalar aniqlangan: C_8A_3F , C_6A_2F , C_4AF , C_2F . Klinkerda ko'p uchraydigan C_4AF modda qattiq eritmalaridagi qator birikmalarining oraliq moddasi hisoblanadi.

Past temperaturali pishirish bosqichida ($1300^{\circ}C$) gacha homashyodagi barcha dastlabki tarkibiy qismlar parchalanadi, shu jarayonlarning kyechishida kristallar buzilib, minerallar «amorf» lanadi. Ko'pchilik gil minerallar «amorf» xolatining temperaturasi $300...800^{\circ}C$ ga tyeng.

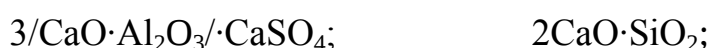
Portlandsement xom ashyo aralashmalarining ryeaksiyaga kirishishi qobiliyatining eng muhim paramyetri qumtuproqli tarkibiy qismning dispyersligidir.

Ryeaksiyaga moyil $CaSO_3$ da va uning donalarida SA , CS va boshqalardan iborat qobiqlar hosil bo'lishi mumkin, bu esa CO_2 ning ajralib chiqishiga va tuzning parchalanishiga moyillik qiladi. Faqat qobiq qayta kristallangandan kyeyingina jarayonning kyechishi yana tezlashadi, ya'ni $CaCO_3$ ning parchalanishi

ikki bosqichda bo'lishi va u jarayenning kyechishiga ijobiy ta'sir qilishi mumkin, chunki u CaO ning qayta kristallanishiga to'sqinlik qiladi, bu holda aktivligi kam bo'lgan CaCO₃ ning bir bosqichda dissosiasiyalanishi kuzatiladi. Kuydirilayotgan aralashmada dastlabki eritma 580...680⁰C temperaturada hosil bo'ladi va qattiq fazali ryeaksiyalarning kyechishini tezlashtiradi.

Masalan, yirik dispyersli shixtalarda belit ikki bosqichda hosil bo'ladi: birinchisi 1115...1125⁰C temperaturada kuzatilib, bundan SiO₂ donalarida C₂S dan iborat qobiq hosil bo'ladi: ikkinchisi 1150...1165⁰C temperaturada ro'y beradi, bundan ana shu qobiqlar buzilib C₂S ning yangi kristallari xosil bo'ladi.

Aralashmalar ishtirokida past temperaturali bosqichda quyidagi oraliq birikmalar xosil bo'ladi:



Bir kancha xromit-xromatlar va kalsiy frsfatlar, shuningdyek CaCO₃ ning ishqor sulfatlari bilan tutashgan joylarida ikkilamchi tuzlar hosil bo'ladi. Tarkibi murakkab bo'lgan oraliq birikmalarning xosil bo'lishi CaCO₃ va SiO₂ ning o'zaro ta'sirlashish temperaturasini 38...80⁰C ga pasaytirib yuboradi.

Yuqori temperaturali boskichda (1300⁰C dan yuqori) nordon va asosiy ishqoriy eritmalar qushilib kyetadi, biroq klinker donalarning qizib zich yopishgan ayrim qismlarida tarkibi farqlanadigan eritma tomchilari mavjud bo'lishi ehtimol. C₂S va CaO dan iborat qobiqlar oralig'idagi eritmada Sa²⁺ ionlarining asoSan (SiO₂) ionlariga diffuziyalanishi yo'li bilan kristallari hosil bo'la boshlaydi. Agar C₃S kristallar o'sgan zonaga Ca²⁺ kira olmaSa, bunda nordon C₃S kristallarini C₂S va CaO ga qadar parchalab yemirilishi mumkin. Klinker zonalarida 1450⁰C temperaturada xosil bo'lgan eritma quyidagicha xosSalarga ega; qovushqoqligi 0,1...0,3 Pa.s, sirt tarangligi 350...480.10⁻³ n/m. U xolda kalsiy ionlarining diffuziya koefitsiyenti D Ca²⁺(53...86)·10⁻⁵, temirniki D Fe³⁺-(5,7...14,2), alyuminiyniki D Al³⁺-(2,3...7,1)·10⁻⁶ va kremniyniki D Si⁴⁺-(4,7...15,8)·10⁻⁷ sm²/s.

Ko'rsatib o'tilgan miqdorlarning o'zgarib turishga Na, K, Cr, P, F aralashmalar Sababchidir. CaO donalarining 1450°C temperaturadagi eritmada erish tezligi $(16...8)\cdot 10^{-6}$; C_2S donalarining erish tezligi esa $(2...3)\cdot 10^{-6}$ sm/s, yani CaO ning erish tezligi C_2S ning erish tezligidan 3...4 marta ko'p. Biroq jarayenda eritmani mikrolikvasiyaga olib keluvchi ko'plab Na va K ishtirok etsa, C_2S ning erish tezligi keskin ortadi, hatto C_2S ning erish tezligidan bir necha marta o'zib ketishi mumkin.

Oz miqdorda fosfor, xrom va oltingugurt (0,1...0,3%) hamda bariy, ftor, xlor, marganesning anchagina miqdori (1% dan ortiqroq) muayyan sharoitlarda klinker hosil bo'lish jarayeniga yaxshi ta'sir ko'rsatadi.

Sovush jarayenida C_3S , C_3A , C_2S parchalanishi mumkin; parchalanishining qanday kyechishi bir qancha faktorlarga bog'liq; sovish tezligi, aralashmalarning turi va miqdori, gaz atmosferasining xususiyati va boshqalar. Eritma shisha sifatida qotayotganda hajman kichrayadi. Mg, Cr ishtirokida esa kristallanish jarayonining kechishi tufayli turli temperatura intervallarida belgi o'zgartiruvchi deformasiya kuzatiladi. C_3S , S_3A minerallarining $25...600^{\circ}\text{C}$ temperaturada chiziqli termik kengayish ko'effisiyenti $(10...13)\cdot 10^{-6}$. C_2S termik kengayishning chiziqli ko'effisiyenti $15,5\cdot 10^{-6}$ gradga teng, ya'ni C_2S ning termik kengayish ko'effisiyenti boshqa mineral kristallarini kiga nisbatan taxminan ikki marta katta, bu xol klinker donalarida fizik kuchlanishlarga sabab bo'lishi mumkin.

Sement klinkeri sifati quyidagilar bilan ifodalanishi mumkin:

1. Aloxida oksidlarning miqdori (kimyoviy tarkibi).
2. Asosiy oksidlar miqdorining nisbatini ifodalovchi modullar qiymati.
3. Asosiy minerallarning miqdori. Klinkerning eng muhim xarakteristikasi alohida oksidlarning o'zaro nisbati va klinker minerallarining miqdori bilan beriladi.

Klinker mineralogik tarkibini aniqlashning ikki usuli bor: bevosita petrografik yoki rentgenografik taxlil usuli yoxud bevosita hisoblab aniqlash usuli. Muhim oksidlarining foyiz nisbati ikki xil modul (silikat va qumtuproq) hamda to'yinish ko'effisiyenti bilan ifodalanadi. Bu modullar va ko'effisiyent

miqdori ham ashyo aralashmasi uchun ham, klinker uchun ham amalda bir xil bo‘ladi.

Silikat modul (n) qumtuproq modul deb ham ataladi. Bu modul reaksiyaga kirishgan kremniy ikki oksid miqdorining alyuminiy va temir oksidlari miqdoriga nisbatini ko‘rsatadi.

$$n = \frac{\%SiO_2}{\%Al_2O_3 + \%Fe_2O_3}$$

Silikat modul (p) boshqa oksidlar bilan reaksiyaga kirishgan kremniy oksid miqdorini va klinker tarkibidagi alyuminiy va temir oksidlar yig‘indilarga nisbatini ko‘rsatadi.

Xom ashyo aralashmasi tarkibidagi kremniy ikki oksid oxak bilan hamma vaqt C_3S va C_2S holida birikavermasligi tufayli birikkan qumtuproq miqdori kremniy ikki oksidining umumiy miqdori umumiy va erkin holda kremniy ikki oksidi erkin miqdori ayirmasi bilan ifodalanishi mumkin. SHuning uchun silikat modul quyidagicha yoziladi:

$$n = \frac{\%SiO_{2\text{умум}} - \%SiO_{2\text{эркин}}}{\%Al_2O_3 + \%Fe_2O_3}$$

Oddiy sementlar uchun silikat modul qiymati 1,7...3,5; sulfatga chidamli sement uchun esa 1,7...4.

Gil-tuproq (alyuminat) modul ρ alyuminiy oksid miqdorining temir oksid miqdoriga nisbatini ifodalaydi:

$$\rho = \frac{\%Al_2O_3}{\%Fe_2O_3}$$

Gil tuproq modul qiymati oddiy sementlar uchun 1...3. Silikat modul katta qiymatga ega bo‘lganda ham xom ashyo aralashmasini qovushtirib pishirish qiyinlashadi. Xosil bo‘lgan sement sekin tishlashadi va sekin qotadi, biroq kyeyinchalik uning mustaxkamligi yuqori bo‘ladi. Alyuminat moduli kichik qiymatga ega bo‘lganda portlandsementlar mineralashgan tuzlar ta’siriga chidamli bo‘ladi.

Alyuminat moduli katta qiymatga ega bo'lganda esa sementlar tez tishlashadi va qotadi, ammo oxirgi mustaxkamlik ko'rsatgichi past bo'ladi.

Silikat modul katta bo'lsa, klinkerda S_3A va S_4A ham, ammo C_3S va C_2S ko'p, gil-tuproq modul katta bo'lsa, klinkerda S_3A juda ko'p, biroq S_4Al kam bo'ladi.

Shu narsa ma'lumki, oxak keragidan ko'p bo'lsa C_2S , S_3A va S_4AG ning hosil bo'lish jarayoni uch kalsiy silikat faqat ancha yuqori ($1300^{\circ}C$ dan ko'p) temperaturada va kuydirilayotgan aralashmada suyuq faza bo'lgandagi ikki kalsiy silikatning oxak bilan to'yinish hisobiga hosil bo'ladi.

Shunday qilib portlandsement klinker ishlab chiqarishda $2CaO \cdot SiO_2$ ni $3CaO \cdot SiO_2$ ga aylantirish va klinkerda erkin oxak qolmasligi kyerak, ya'ni CaO dan C_3S , S_3A va hosil qilish uchun ular kyerakli miqdorda bo'lishi lozim. Bu vazifa qanchalik aniq bajarilayotgani to'yinish koeffitsiyentining (TK) qiymatidan aniqlanadi.

Klinker mineralari tarkibiga kiruvchi oksidlarning molyekulyar og'irliklariga qarab qumtuproq $2CaO \cdot SiO_2$ gacha, gil-tuproq $3CaO \cdot Al_2O_3$ gacha, temir oksid $CaO \cdot Al_2O_3$ gacha va sulfat kislota angidridi $CaSO_4$ gacha to'la to'yinishi uchun talab qilinadigan CaO miqdorini hisoblash mumkin.

Klinker minerallaridagi oxak va kislota oksidlarining og'irlik nisbatlari ma'lum bo'lsa, qancha CaO kyerakligini kislota oksidlari orqali ifodalash mumkin. C_2S hosil bo'lishi uchun 2,8 SiO_2 va S_3A ga 1,65 Al_2O_3 , va $CaSO_4$ ga 0,7 SO_3 talab qilinadi. Bu ma'lumotlardan foydalanib to'yinish koeffitsiyenti formulasi quydagicha yozish mumkin:

$$TK = \frac{(CaO_{ум} - CaO_{эркин}) - (1,65Al_2O_3 - 0,35Fe_2O_3) - 0,78 SO_3}{2,8 (SiO_{2умум} - SiO_{2эркин})}$$

Bu formuladan suratdagi Al_2O_3 , Fe_2O_3 va CO_3 lar S_3A ; SF va $CaSO_4$ gacha to'yingandan kyeyin qolgan oxak miqdorini, maxraji esa qumtuproqning C_3S gacha to'yinishi uchun zarur bo'lgan oxak miqdorini ifodalaydi. $TK=1$ bo'lsa, klinker tarkibida ikki kalsiy silikat bo'lmaydi.

Oddiy portlandsement uchun $TK=0,8...0,95$. To'yinish koeffitsiyenti qancha kichik bo'lsa klinkerda C_2S shuncha ko'p, C_3S esa kam bo'ladi.

Xozirgi kunda portlandsementning quyidagi asosiy turlari ishlab chiqarilmoqda:

1. Tarkibida 30...70% donador domna toshqoli bo'lgan portlandsement
2. Tarkibida 20...45% pussolan qo'shilmasi bo'lgan pussolan portlandsement.
3. Tez qotuvchan portlandsement.
4. Plastik va gidrofob portlandsement.
5. Tarkibida ko'pi bilan 50% C_3S va 5% S_3A bo'lgan sulfatga chidamli portlandsement.
6. O'rtacha ekzotermiyali portlandsement.
7. Oq va rangli portlandsementlar.

Mineral qo'shimchali portlandsement hisoblanadi, oddiydan dastlabki qotishish davrida mustahkamligining intensiv o'sishi bilan farqlanadi. Bu esa juda nozik sement klinkerining maydalash yo'li bilan amalga oshiriladi (3500...4000 sm^2/g udel yuzagacha), shuningdek yuqori miqdorda uchkaltsiyli alyuminat bilan (60...65 %) amalga oshiriladi. Tezqotadigan portlandsement M-400 va M-500 markalarda ishlab chiqiladi. Qishki bitonli ishlarda qo'llaniladi, shuningdek temirbetonli tuzilishlar sanoatida qo'llaniladi. Sement yuqori issiqlik ajratganligi sababdan uni kata tuzilishlarda qo'llamaydilar.

Anilitli sement (TU 21-20-53-83) o'z miqdorida kalsiy xlorid bo'lgan (magniy xlorid) past termal sintezli (1000...1200 $^{\circ}C$ haroratlarda kuydiriladi) alinitli klinker asosida olinadi. Klinkerda kalsiy xloridning mavjudligi yuqoriasosli kalsiy xlor silikati (alinit), shuningdek xloralyuminat, ortosilikat, kalsiy xlorferitlarni paydo bo'lishini ta'minlaydi.

Sementli klinkerining sintezi uchun katalitik qo'shimcha sifatida, kuydirish haroratini 200...300 $^{\circ}C$ haroratgacha pasayishiga yo'l qo'yib beradigan kalsiy xlorid qo'llaniladi. Haroratni pasaytirish yoqilg'ining ishlatilishini 20...30 $^{\circ}C$ gacha kamayishiga olib keladi, va agregatning unumdorligini 30-40 $^{\circ}C$ gacha

oshirib beradi. Alinitli sementni ishlab chiqarish uchun sementli klinkerni nisbatan past haroratlarda ($1000...1200^{\circ}\text{C}$ haroratda kuydirish) kuydirish yo'li bilan olinganligi sababdan bu sementning energoyo'qolishini va o'zining bahosini sezilarli darajada pasayishiga olib keladi.

Alinitli portlandsement alinitli kalsiy va gipsni birgalikda maydalash yo'li bilan oladilar. Sementda mineral qo'shimchalar miqdori $10...15\%$ gacha bo'lishiga yo'l qo'yiladi va granulalangan domennali shlaklar miqdori 20% gacha. Alinitli sement M 550, 500 va 400 markalari ishlab chiqarilgan. Buklanishda mustahkamlik chegarasi 5.5 dan 6.2 MPa gacha. Ushlab qolish boshlanishi 45 minutdan – erta emas, oxiri – bekitish vaqtidan boshlab 10 soatdan erta emas. Alinitli portlandsement bosimli armatura, ekspluatatsiyaning nam sharoitlarida va belgini o'zgarishiga va dinamik nagruzkaga uchraydigan sementdan qurilish konstruksiyasi ekspluatatsiyasi sharoitlari bilan temirbetonli konstruksiyalarida qo'llanilmaydi.

Alinitli sementlarda portlandsementnikiga qaraganda intensiv yig'ilmaning mustahkamligi erta muddatlarda. Gidrotexnik qurilishda, ya'ni kanallarni qoplash, monolit uylarni qurish va skvajinalarni sementlash uchun faol qo'llaniladi. Sementli klinkerning sintezi uchun katalitik qo'shimcha sifatida, kuydirish haroratini $200...300^{\circ}\text{C}$ haroratgacha pasayishiga yo'l qo'yib eradigan kalsiy xlorid qo'llaniladi. Haroratni pasaytirish yoqilg'ining ishlatilishini $20...30^{\circ}\text{C}$ gacha kamayishiga olib keladi, va agregatning unumdorligini $30-40^{\circ}\text{C}$ gacha oshirib beradi.

1.4. Sement ishlab chiqarishda ishlatiladigan xom-ashyo materiallar

Tabiiy oxak, tuproq yoki leyos va qo'shimcha materiallarga 1450°C da termik ishlov berish natijasida sement klinkeri olib uni tuyib, gips xamda turli qo'shimchalar qo'shish yo'li bilan olingan maxsulotga portlandsement deyiladi [41].

Klinker, bu portlandsement ishlab chiqarishda yarim tayyor mahsulot xisoblanadi. Uning asosiy xom-ashyolari tuproq, mergel, metallurgiya sanoati shlaklari, qo'shimchalardan iborat bo'lib, klinkerning kimyoviy tarkibi quyidagicha: $\text{CaO}=64-67\%$, $\text{SiO}_2=21-24\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3=4-7\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3=2-4\%$, $\text{MgO}=2-3\%$. Klinkerning xosil bo'lishi jarayoni 450°S atrofida boshlanadi. Bu temperaturada minerallardan kaolinitning degidratatsiyasi boshlanadi. $750-900^\circ\text{S}$ atrofida karbonatlarning dissosatsiyalanishi sodir bo'ladi. CaO va kislotali oksidlari orasidagi sezilarli darajada qattiq reaksiya xodisasi 800°S atrofida bo'ladi. Kalsiyning silikatlar, alyuminatlar va ferritlar xosil bo'lishida issiqlikning ajralib chiqishi va qisman suyuqlanishi 1280°C atrofida kuzatiladi. Suyuq fazaning miqdori 20-30% gacha etadi, bunda Fe_2O_3 bog'langan xolda, $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$; $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ xamda SiO_2 esa $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ko'rinishida bo'ladi. Keyin CaO suyuq fazada erib, $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ bilan ta'sirlanib $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ xosil bo'ladi. Silikat eritmalarining qayishqoqligi yuqori bo'lganligi sababli $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ning xosil bo'lishi sekinlik bilan boradi va bu jarayon $1400-1450^\circ\text{S}$ atrofida tugaydi.

Portlandsement klinkerining kimyoviy tarkibi oksidlari bo'yicha modullar (n , r , m) va tuyinish koeffitsienti (TK) ko'rsatkichlari bilan xarakterlanadi.

Silikat yoki kremnezem moduli. Bunda kremnezemning alyuminiy va temir oksidlariga bo'lgan nisbati tushiniladi: $n = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$ Glinozem moduli. Bunda

glinozemning temir oksidiga bo'lgan nisbati tushiniladi: $p = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ Hidravlik

(asosiy) moduli. Bunda kalsiy oksidining kremnezem, glinozem va temir oksidlariga bo'lgan nisbati tushiniladi: $m = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$

Portlandsement klinkerini xarakterlovchi parametrlardan biri mineralogik tarkibning to'yinish koeffitsienti hisoblanadi. Klinker $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ va $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ lardan iborat [42].

Reaksiyaga kirmagan erkin CaO va SiO_2 miqdori xisobga olgan holda TK ifodalanadi. Bulardan tashqari klinkerda juda oz miqdorda kristall va amorf

xoldagi minerallar xam uchraydi. V.A. Kind va V.N. YUng tomonidan to'yinish ko'effitsientini aniqlash formulasi ishlab chiqilgan [41]:

$$TK = \frac{(CaO_{\text{uzumiy}} - CaO_{\text{erkin}}) - (1,65 \cdot Al_2O_3 + 0,35 \cdot Fe_2O_3 + 0,7 \cdot SO_3)}{2,8 \cdot (SiO_{2\text{uzumiy}} - SiO_{2\text{erkin}})}$$

Portlandsementning bir necha turlari mavjud bo'lib, ular o'zining kimyoviy va mineralogik xamda shixta tarkibi bilan farqlanadilar. Jumladan, glinazemli, putssolan, tamponaj, shlakli va boshqalar. Ishlatiladigan ob'ektiga va muxit sharoitiga ko'ra portlandsementning tarkibida ishlatilayotgan materiallar nisbati va qo'shimchalari miqdori xam o'zgaruvchan bo'ladi.

Portlandsement ishlab chiqarishda asosan oxak, tuproq, les, gliej, faol qo'shimchalar va sanoat chiqindilari ishlatiladi.

Oxak - portlandsement klinkerini olishda asosiy komponent xisoblanadi. Oxakning kimyoviy tarkibida 50% dan kam bo'lmagan miqdorda CaO mavjud, kremnezem, temir oksidi va boshqa oksidlar kam miqdorda. Oxaktosh tabiatda keng tarqalgan. Tuproq va qumli qo'shilmalarining miqdoriga ko'ra oxakning bir nechta turlari uchraydi. Ularga xavoda qotadigan, yog'li, yovg'on, so'nmagan va so'ndirilgan turlari mavjud.

Oxakning xosalari uning mineralogik tarkibi va qo'shimchalarining turi (miqdoriy tarkibi), zarralarining shakli va o'lchami (mikrostruktura), zarralarining o'zaro joylashishi (tekstura) va sementning mustaxkamligi bilan aniqlanadi.

Strukturasiga [43] ko'ra oxaktoshning asosiy kristalli, organogen, siniqlar xosil qiluvchi va aralash strukturali oxaktoshlar xisoblanadi. Kristalli oxaktoshlar turli-tuman o'lchamdagi kalsiy kristallaridan tuzilgan. Kristall donador va zich oxaktoshning siqishdagi mustaxkamlik chegarasi ($2400-2800 \text{ kg/m}^3$) 20-120 MPa, namligi 3-10%. Xavoda qotadigan oxakni kuydirib olishda, asosli oksidlarning miqdori kislotali oksidlar miqdoridan ko'p bo'lishida, xamda kuydirish xarorati suyuq fazaning sezilarli miqdorda xosil bo'lishi uchun etarli bo'lmashligida. Kuydirish maxsulotlari tarkibiga asosiy miqdordagi erkin kalsiy oksididan tashqari $\beta\text{-}2\text{CaO SiO}_2$ ($\beta\text{-S}_2\text{S}$); CaOAl_2O_3 (SA) va $2\text{CaOFe}_2\text{O}_3$ (SG') kabilar kiradi.

Kalsit, dolomit, ankerit ($\text{CaSO}_3\cdot\text{FeSO}_3$) karbonatlarining parchalanish kinetikasi shuningdek ularning kelib chiqishi, kristallanish darajasi va aralashmaning mavjudligiga bog'liqdir. Ularning barchasi CaO xosil bo'lishining xarorat chegaralariga va yuqori xaroratlarda uning reaksiya qobiliyatiga ta'sir ko'rsatadi. Karbonatlarning dissotsiatsiya-lanishining xaroratga oid chegaralari va eng faol xolatdagi CaO xosil bo'lishi kalsit→ dolomit→ ankerit qatorida pasayadi, kristallik darajasi bo'yicha esa dag'al va yirik kristall – 0,5-1,0 mm xolatdan 0,01 mm o'lchamli pelitamorf ko'rinishlarga o'tadi [44].

Tuproq- mayda dispers (1-0,1 mm) zarrachalardan iborat bo'lib, suv bilan aralashtirilganda qovushqoqlik xususiyatiga ega, oson shakllanadigan mineral xisoblanadi. Tabiat xodisalari- shamol, suv va boshqalar ta'sirida silikat materiallari gidrolizlanib, suv bilan birikadi va kaolinit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) mineralini xosil qiladi. Tuproqsimon minerallarning tarkibida ko'pincha temir birikmalar ko'p bo'ladi. Tuproqsimon minerallarning qovushqoqlik xossasidan tashqari biriktirish, yoyilish va sochiluvchan xususiyatlari mavjud. Tuproq minerallari tabiatda oq, sariq, jigar rang, kul rang, yashilsimon, to'q kul rang va ba'zi xollarda qora rangda bo'lishi xam mumkin. Ularning rangi mineral tarkibidagi qo'shimchalar va organik birikmalar miqdoriga bog'liq bo'ladi. Tuproq minerallariga termik ishlov berilganda tarkibidagi qo'shimchalar va organik birikmalar kuyib ketadi va rang qoldirmaydi. Termik ishlov ta'sirida tuproq minerallari strukturasida o'zgarishlar sodir bo'ladi. 400°S atrofida konstitutsion suvning yo'qolishi, 600°S atrofida massa tarkibidagi boshqa minerallar bilan ta'sirlashish xodisalari kuzatiladi.

Sanoat chiqindilari - ikkilamchi xom-ash'yo resurslari xisoblanib, ular portlandsement ishlab chiqarish korxonalari uchun kerakli xom-ashyo xisoblanadi. Ulardan foydalanish jarayonida ekologik muammolarni yuza kelmasligiga e'tibor qaratish xamda iqtisodiy jixatlarni inobatga olish muxim ahamiyat kasb etadi.

Vulqon otilishi natijasida erigan lava oqimi atrofga sochiladi. Uning tarkibida obsidian, shlak, vulqon lavalari mavjud bo'ladi. Ulardan tashqari mayda o'lchamga ega bo'lgan jinslar, kukunsimon zarralar xam otilib chiqadi. Bu mayda zarralar

shamol yordamida uzoq masofalargacha etib boradi, xavo ta'sirida soviydi va vulqon jinslari va atofidagi minerallar bilan birikib, g'ovakli, turli o'lchamlarga ega bo'lgan minerallarni xosil qiladi. Vulqon kuli - oxak va portlandsement ishlab chiqarishda gidravlik qo'shimcha sifatida ishlatiladi. Vulqon kullarining kimyoviy tarkibi (% xisobida) SiO_2 -72,0-75,0; Al_2O_3 11,0-14,0; Fe_2O_3 0,50-1,10; CaO - 1,40-3,30; K_2O 5,0-5,50; MgO -0,50; Na_2O 1,0-4,0 atrofida bo'lib, ularni shisha ishlab chiqarish sanoatida xam ishlatish mumkin.

Slanetsli kul – yonuvchan slanets yonishi natijasida xosil bo'ladi. YOnuvchan slanets organik birikmalarga to'yingan, oxak-tuproq birikmalari mavjud bo'lgan, yupqa qatlam-qatlamlardan iborat bo'lgan birikma bo'lib, u quruq xolda oson yonadi. Kul xosil qilish 50-60% gacha boradi. Slanetsli kullarning kimyoviy tarkibi (% xisobida): SiO_2 ,-32,0-36,0; $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 0,14-27,0; CaO -22,0-38,0; MgO -0,20-2,50; SO_3 - 3,0-11,0; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 0,20-3,60 dan iborat. Kimyoviy tarkibini e'tiborga olgan xolda bog'lovchi moddalar ishlab chiqarishda gidravlik qo'shimcha sifatida ishlatiladi. Slanetsli sement olishda xom-ashyo sifatida xamda beton maxsulotlari ishlab chiqarishda ishlatiladi.

Portlandsement ishlab chiqarishda ishlatiladigan mineral qo'shimchalar xam qo'shiladi. Ularga porfirritlar, diabazlar va boshqa gidroslyuda minerallari kiradi.

Bog'lovchi materiallar ishlab chiqarishda faol mineral qo'shimchalar xam ishlatiladi. Ular tabiiy va sun'iy xolda bo'lib, tabiiy xoldagi minerallarga – diatomit, trepel, opoka, gliej xamda vulqon jinslari – kullar, tufitlar, pemza va boshqalar kiradi. Sun'iylariga esa – donalangan domna shlaklari, yoqilg'i yonishidan xosil bo'lgan kullar, sun'iy kuydirilgan tuproqsimon materiallar va kremnezemli chiqindilar kiradi [45].

Tuproq materiallarining gidravlik qo'shimcha sifatida ishlatilishi ilmiy jixatdan asoslab berilgan [46]. Bu maqsadda ishlatiladigan tuproq tarkibida kaolinit miqdori yuqori bo'lishi talab etiladi, chunki temperatura 600-800°Sga ko'tarilganda kaolinit metakaoliniga o'tadi va uning kimyoviy aktivligi yuqori bo'ladi xamda boshqa komponentlar bilan oson reaksiyaga kirishadi.

Xloridning DTA taxliliga ko'ra 570-640°S va 730-760°S atrofida konstruksion namlikni chiqishi, ya'ni kristall panjara emirila boshlashi bilan xarakterlanuvchi endotermik effektlarni kuzatish mumkin.

Oxak-diabaz [51] aralashmasining DTA natijalariga ko'ra 500-800°S oraliqlarida endotermik effektlar mavjud emaslik xolatini diabaz mineralini qayta kristallanishidagi ekzoeffektlarning ustma-ust tushgani bilan izoxlanadi. Termik ishlov berilganda diabazning reaksiya oksidlari 500°S dan yuqori xaroratda temir-magnezial birikmalarning ajralishi xamda oxak va diabazning o'zaro ta'sirlashishi natijasida birlamchi kalsiyni ferritlari, alyuminatlari paydo bo'la boshlaydi. 960°S da yana bir ekzotermik effekt namoyon bo'lib, uni yangi kristal birikmalarning, ya'ni klinker birikmalarining paydo bo'la boshlashi bilan xarakterlash mumkin.

An'anaviy tuproq minerallaridan farqlanadigan diabazning mineralogik tarkibi asosan plagioklaz va pireksendan ibrat bo'lib, oxak-diabaz aralashmasi mineral xosil bo'lish jarayoniga, kinetikani o'zgarishiga, minerallarning tarkibi va ularni xosil bo'lish ketma-ketligiga, xamda klinkerning strukturasiga ma'lum darajada ta'sir ko'rsatadi.

TK-0,92 ga teng bo'lgan xom-ashyo aralashmasining mineral xosil bo'lish jarayoni RFA usulida 800-1300°S da 100°S interval bilan, 1300-1400°Sda esa 50°S interval bilan o'rganilgan. 800°Sda kuydirilgan oxak-diabaz aralashmasi asosan dastlabki xom-ashyo aralashmasi oxak, diabaz-labrodor va xloritning ajralgan maxsulotlaridan iboratligi qayd etilgan.

800°Sdan 1000°S gacha CaCO₃ piklarining intensivligi kamaygan. CaCO₃ ning dissotsiatsiyasi 1000°S da tugaydi va bu temperturada kalsiy karbonatning intensivligi juda kichik bo'lgan $d=0,303$ nm piklarni saqlab qolgan. 900°S da termik ishlov berilgan namunaning difraktogrammasida erkin CaO ning intensiv ravishdagi $d=0.139, 0.145, 0.169, 0.240$ nm piklardan tashqari $d=0.266, 0.264$ nm kabi intensiv xoldagi kalsiy alyumoferritlariga tegishli piklarning mavjudligi kuzatiladi.

Aralashmani 1000°Sda kuydirish natijasida oxak silikatlar bilan birikib, S_3S_2 va γ - S_2S larni xosil qilgan. 1100°S da kuydirilgandagi natijalarda esa intensiv SA_2 ga xos bo'lgan $d=0.308, 0.2607, 0.271$ nm li piklar $S_{12}A_7$ ga xos bo'lgan – $0.488, 0.268$ nm li va γ - S_2S ga xos bo'lgan piklar $-0.301, 0.2784, 0.1908$ nm li xamda S_4AG' ning $0.277, 0.263, 0.192$ nm piklaridan iborat. Bu temperaturada S_2S yaxshi kristallanganini belit liniyalari intensivligidan ko'rish mumkin. 1200°Sda esa u murakkab polimorfik xarakterga ega bo'lib α - S_2S ga o'tadi, alit mineralining intensiv ravishda $d=0.303, 0.295, 0.273, 0.260$ nm li va intensiv bo'lmagan -0.176 nm li piklarini ko'rish mumkin.

γ - S_2S+CaO aralashmasidan S_3S ni sintez qilish tezligini $3CaCO_3+SiO_2$ asosida olingan aralashma bilan taqqoslash [52] ko'rsatib o'tilgan.

1300°S da SA_2 kamaygani, alyuminatlar esa S_3A shaklida mavjudligi $d=0.423, 0.270, 0.190, 0.155$ nm li piklardan ko'rinadi. Intensiv ravishda belit va kalsiy alyumoferritga xos bo'lgan $d=0.277, 0.2653, 0.204, 0.192$ nm li piklar qayd etilgan. Struktura xosil bo'lishidagi keyingi bosqich katta miqdorda suyultmaning yuzaga kelishi va klinker fazalarning kristallanishidir.

Oxak-diabazning [15] o'zaro ta'sirlashuvidagi birlamchi fazalar past asosli kalsiyning ferritlari va alyuminatlari bo'lib, ular 900°S qattiq fazali raeksiyalar asosida, mineralning Sa^{2+} ionlarini 1000°S diffuziyasi natijasida yuzaga kelgan deyish mumkin. Oxak-diabaz aralashmasini kuydirishda klinker xosil bo'lish jarayoni sxemasi kalsiyning alyuminatlari va alyumoferritlari shakllanishi bilan, keyin silikat minerallari xosil bo'lishi bilan boradi.

Olingan sxemani an'anaviysi bilan taqqoslab xulosa qilishi mumkinki, kaolinit bilan kalsiy oksidi ta'sirlashuvida 1000-1200°S larda erkin CaO , gelenit xamda anortit birikmalari va katta miqdorda oraliq minerallari xosil bo'lishi bilan izoxlash mumkin. Oxak-diabaz aralashmasining yuqori darajadagi reaksion xususiyati va past xaroratliligi uni dekarbonizatsiya temperaturasigacha kuydirishda erkin CaO va SiO_2 yo'qligi va tarkibida gelenit tipidagi birikmalarning xosil bo'lishi bilan ifodalanadi.

Klinkerning faolligi uni kuydirish sharoiti va mikrostrukturasi bilan aniqlanadi. Kimyoviy va mineralogik tarkibi va maydalanish sharoiti ijobiy bo'lgan xolda, u 40-45 MPa dan 55-60 MPa gacha o'zgarishi mumkin. Kuydirish rejimi orqali sementning xossalarini o'zgarish qonuniyatini fizik-kimyoviy va texnologik tekshirishlar bilan aniqlanadi. Alit va belit minerallari kristallarining o'lchamlarini o'zgarishi natijasida sementning gidravlik faolligiga va mikrostrukturasiga ta'sir ko'rsatishi o'rganilgan [53].

Olingan ma'lumotlar [54] asosida sakkiz balli shkala bo'yicha klinkerning kuydirilish sifati va mikrostrukturasi petrografik usulda taxlil etilgan. Kristallarning o'lchamlari 1-2 dan 6-7 ballarda yaxshilangani va faolligi 45-50 dan 60 MPa gacha ortgani kuzatilgan.

Oxak karerining [55] janubiy-sharqiy va markaziy qismlari MgO 5% dan 20% gacha miqdorda dolomitlashgan. Oxak massivida depressiya va karstov varonkalari mavjud. Oxakning karstovlangan uchastkalari mayda va yirik kristalli bo'lib, qisman marmarlangan. Karstov varonkalari toza va tuproq-kaolinit-gidroslyuda tarkibli qumli tuproq bilan to'lgan. Karerining markaziy qismida effuziv porfirit va granit-porfirli magmatik jinslar to'plami keng tarqalgan. Granit-porfirlar tarkibi bo'yicha granitlar va dala shpat, kvars xamda gidroslyuda minerallari asosida namoyon bo'ladi. Jinsning asosiy massivi zich yoki qisman nuragan va kaolinlashgan. Granit-porfir va porfiritlar xom-ashyo aralashmalar tayyorlash davrida ishlatilmagan. Tuproq zaxirasi kaolinit-gidroslyuda va montmorillonit-xlorit-gidroslyudalar ko'rinishida xarakterlanadi, ularda galenchiklar xam mavjud.

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki [56], shlam tayyorlashda texnik talablarga qat'iy amal qilish klinkerning sifati oshishiga va issiqlik sarfini kamayishiga olib keladi. Qo'shimcha ravishda granit-porfirlar va porfiritlar yoki karstovlangan oxaklar asosida yuqori darajadagi bir tarkibli shlam olish kuydirish jarayonini stabil rejimda o'zgarishiga va pechning ishlash davrida ximoya qoplamasini buzilishiga ta'sir etmaydi.

SHlamning texnik parametrlarini muntazam o'zgartirish sharoitida qoplama qalinligi bir me'yorda, asta-sekin ortishi va pech korpusining 13-25 m

uchastkalarida xarorat pasayganligi bilan namoyon bo‘ladi. Ish natijalari aralashmani tayyorlash uchun tarkibiga karerdan oxak va boshqa qo‘shimchalar xamda chiqindilarni bir me’yorda kiritishni tashkil etishga xizmat qiladi. Eksperimental tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, xom-ashyo aralashmasining dispersligi va bir tarkiblilik darajasini ta’minlash bilan gidravlik faolligi 2-5 MPa ga ortgan mutloq mikrostrukturali klinker xosil bo‘lishiga sharoit yaratadi. Korxonadagi xom-ash’yo tayyorlashning talablariga rioya qilish va nokondension chiqindilardan foydalanish bilan gidravlik faolligi 55-57 MPa bo‘lgan, yoqilg‘i iqtisod qilingan xolda klinker olish imkonini bergan.

Portlandsement tarkibiga [57] faol mineral qo‘shimchalar qo‘shish bilan sarf-xarajatlarni kamaytirish mumkin. Bu maqsadda seolit minerali talablarga javob beradi. Seolit- tabiiy toshsimon materiallar guruxiga kiruvchi tog‘ jinsi bo‘lib, ko‘k-moviy rangda bo‘ladi. Mineralogik tarkibi 75-95% klinoptilolitdan iborat. Kimyoviy tarkibi bo‘yicha asosiy oksidlari miqdori (massa, %): SiO_2 -70; Al_2O_3 -11; CaO -3,5; MgO -2. Tadqiqotlarga ko‘ra seolitning gidravlik faolligi minerallarning faolligi bo‘yicha qo‘yilgan talablarga javob beradi, buni inobatga olgan xolda kamsementli bog‘lovchi material tarkiblari yaratildi. Aktivizator sifatida 400 markali portlandsementdan foydalanildi. Turli miqdorda seolit qo‘shilgan bog‘lovchi kompozitsion materiallarning mexanik mustaxkamligi quyidagi jadvalda keltiriladi:

1-jadval

Turli miqdorda seolit qo‘shilgan bog‘lovchi kompozitsion materiallarning mexanik mustaxkamligi

Tarkibi,%		Siqilishga kuchiga bo‘lgan mustaxkamlik, MPa (sutkalarda)					
Sement	seolit	3	28	60	90	180	360
100	-	30,7	46,2	48	49	50,5	50,6
85	15	23	51,2	56	58,2	63,1	65,5
70	30	16,1	46,4	49,9	51,7	53,5	55,6
30	70	4,5	18,4	19,5	20,5	21,2	21,7

Seolitni qo‘shish natijasida aralashmaning suvga bo‘lgan extiyoji va bir xil tarkiblilik ortgani tajribalar asosida aniqlandi. Bular seolitning transportabellik

xossalari ijobiy ta'sir ko'rsatishini bildiradi. Seolit 28 sutka va undan yuqori yoshda qotayotgan aralashmaning mexanik mustaxkamligi ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Mustaxkamlik oshishiga S-3 superplastifikatori qo'shimchasi xam sharoit yaratadi. Aralashmaga S-3 dan 4 kg/m^3 qo'shilganda 3 yoshli namunaning mustaxkamligini ikki barobar, 28 yoshli namunaning mustaxkamligini 1,5 marta oshiradi. Bu qo'shimcha aralashmaning qovushqoqlik xossasini yaxshilaydi va namlikni saqlash xususiyatini oshiradi. Tajribalar asosida seolit, superplastifikator va glinozemli sementning ratsional tarkiblari ishlab chiqilgan. Laboratoriya sharoitidagi sinovlarning natijasiga ko'ra sement uchun ketadigan sarflar 65-70% iqtisod qilingan, tannarxi esa 20% tejalgan.

Keyingi yillarda [58] turli jarayonlardagi nuqsonlar, ularning tabiati va rolini qattiq jism yuzasidagi jarayonlarni, ayniqsa adsorbsiya, kataliz, kimyoviy jarayonlarni o'rganishga e'tibor kuchaytirilmoqda. Klinker minerallarining yuzasidagi xamda gidratatsiya jarayonidagi o'zaro ta'sirlashuvlarni tadqiqotchilar tomonidan bir necha bor o'rganilgan.

Keyingi yillarda [59-61] esa klinker minerali sementni o'rganish bo'yicha ishlar paydo bo'lib, ularda qattiq jism nuqsonlarida gidratatsiyaning dastlabki bosqichlaridagi roli va ahamiyati xamda klinker mineralining gidratatsion faolligi bosqichlarini aniqlash xaqidagi ma'lumotlar olish mumkin [62-63]. $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ qattiq eritmalari zarrachalarining yuzasiga suv bug'i xemosorbsiyasi rolini termolyuminessiya va kvadrupol massa spektroskopiya usullari yordamida ko'rsatib berilgan. Belitning β va γ - modifikatsiyalari uchun suvning xemosorbsiyasi borishi, markazni faollik tabiatidagi farqlar belgilab berilgan.

$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ yuzasi xossalari o'rganish bo'yicha [64] ishlar mavjud. Faol yuzali markaz gidratatsiya mexanizmida fundamental rol o'ynashi va yuqori darajadagi nukleofil xarakterga ega ekanligi eksperimental tadqiqotlar bilan aniqlangan. Tetratsianetilenni elektronning akseptori sifatida qo'llanilishi natijasida elektronlarning adsorbsion molekulali yuza markazi bilan o'tishiga keyin ionlarga o'tishiga imkon yaratishi, ionlarning xosil bo'lishi termolyuminessen va boshqa usullar bilan aniqlangan.

Gidratatsiya jarayonida elektronlarning ejectionsi va injectionsini roli [60], xamda bu jarayonni tasdig'i uchun sistemaga oksidlovchi va qaytaruvchilarning kiritilishi xaqidagi [58] ma'lumotlar berilgan. Qarish effekti va termik ishlav berilgan S_3S ning markaz yuzasida nukleofil xossalarni o'zgarishidagi roli belgilangan.

Klinkerning fazalari va xom-ash'yo materiallarini o'rganishda termostimullangan lyuminesen usulini (TSL) qo'llash imkoni tadqiqotchilar tomonidan olib borilgan. Biroq termolyuminesen spektrining o'zaro ta'siri va klinkerning fazalarini gidratatsiyasi masalalari chetlab o'tilgan. Matbuotda S_3S gidratatsiyasining induksion davrining davomiyligini korrrektlash, markazdan elektronlarning chiqish extimoli bilan TSL qayd etishiga bog'liq ishlar yoritilgan [64].

TSL usuli bilan [65] tadqiqot olib borishda namuna energetik xayajonlantirish bilan nomuvozanat xolatga o'tkaziladi, keyin past xaroratgacha (odatda suyuq azotning qaynash temepraturasi) sovitilganda fiksatsiya qilinadi. Keyin xaroratni bir tekis ko'tarishda namuna xayajonlangan nomuvozanat xoldan muvozanat xoliga o'tadi va bu o'tish relaksatsion jarayonda xosil qilingani, energiya kvantlarining nurlangani qayd etiladi.

Tadqiqot ob'ekti etib β va γ - modifikatsiyali S_2S tanlangan. Aniq natijalar olishda materallarning tozaligi muxim rol o'ynaydi. SHuning uchun toza reaktiv materiallarni kvarsli xovonchada birgalikda tuyish yo'li bilan namunalar tayyorlandi va kuydirish jarayonini tozaligini ta'minlash maqsadida metodika bo'yicha silitli pechda olib borildi. β - S_2S ni stabillash uchun shixta tarkibiga V_2O_3 va R_2O_5 qo'shildi. Ultrabinafsha va rengen nurlarida namuna xayajonlantirildi. Tadqiqot natijalari TSL spektrlarining maksimum xolati namunalarning xayajonlangan xolatiga bog'liq emasligini ko'rsatdi. Biroq jarayonining intensivligida nurlanish(vqsvechivanie) sezilarli darajada farq qiladi. Nurlanish qancha qattiq borsa uning intensivligi shuncha yuqori bo'ladi.

TSL spektrining xarakteri S_2S ning polimorf turi va modifikatsion qo'shimchalariga bog'liq. Termik nurlanish egriliklarida bir nechta maksimumlar

paydo bo‘ladi yoki temperatura diapozonida ularning aralashishi kuzatiladi. Bu markaziy elektronlarning o‘rin egallash tabiatiga va turli chuqurlikda joylashganiga bog‘liq. Olingan TSL spektrlari natijalariga ko‘ra bu markazlarning energetik parametrlari xisoblandi. Buni amalga oshirish ikki usul [65,66] bo‘yicha olib borildi. Termik nurlanish jarayonining kinetikasi asosan monomolekulyar xarakterga ega ekanligini natijalar ko‘rsatib berdi.

TSL spektrlarining xarakteri asosan avvalgi tadqiqot ishlarining [50] natijalariga mos keladi, biroq maksimumlarning xolatida ba‘zi farqlar kuzatiladi, bu taqqoslanayotgan spektrlar turli nuqsonlarning tabiati, termik ishlovi va qo‘shimchalari bilan izoxlanadi.

Tavsiya etilayotgan usul turli qo‘shimchalar va legirlovchi atomlarning faol markazga va ularning parametrlariga ta‘sirini baxolash imkonini beradi. Bundan tashqari TSL taxlili asosida qo‘shimchali tarkib yaratish, materialning termik tabiatini va uning gidratatsiya sharoitini bilish xamda o‘zaro gidratatsiya jarayoni mexanizmidan to elementar darajadagi aktlarni nazorat etish mumkin.

Bog‘lovchi materiallar [67] ishlab chiqarishda yangi sistemalarni yaratish, ishlab chiqarish chiqindilari - nefelinli shlam, ftor angidrid kabilarni kompleks ravishda almashtirishning texnologik asoslarini yaratish, soxaning energetik, mexnat va material resurslarini iqtisod qilishga imkon beradi.

Tuproq materiallarini asosini tashkil etuvchi tabiiy alyumosilikatlarning tuzilishi YU.T.Tarasevich va I.N. Kauglinskiy monografiyalarida [68] keltirilgan.

Tuproqli [67] bog‘lovchi materiallar ftorangidrit nefelinning struktura tuzilishi ahamiyatlidir. “Ftorangidrit-nefelin shlami-tuproq-portlandsement-suv” xar bir komponent geterogen aralashma sifatida aloxida kimyoviy, fizik va struktura tuzilishiga ega. Bog‘lovchi materiallar strukturasi xosil bo‘lish kinetikasi undagi xom-ashyo komponentlarning tabiati va strukturasi bilan izoxlanadi. Uning afzalliklaridan foydalanish bilan aniq texnologik qayta ishlash va tarkib asosida texnologik ko‘rsatkichlari yuqori bo‘lgan kompozitsion materiallar olinadi. Kompozitsion materialning struktura xosil bo‘lish jarayonini taxlil qilish uchun xar

bir komponentning tarkibi va tuzilishi xamda sifat ko'rsatkichini ko'rib chiqish maqsadga muvofiqdir.

Nefelinli shlam – bu nefelin jinslarini kompleks qayta ishlashda 80% gacha β - S_2S dan iborat bo'lgan maxsulot. Alyuminli soxaga xos bo'lib, yuqori dispers xisoblanadi, zarrachalarining o'lchami 2 mkm dan 10 mkm gacha boradi. Oddiy sharoitda sekin qotadi, lekin sement toshi strukturasini shakllanishida faol ishtirok etadi. Kompleks bog'lovchi tarkibida nefelin shlamining miqdori 70-80% ni tashkil etadi.

Ftorangirit esa plavik kislota ishlab chiqarish soxasidagi chiqindidir. Bu material donador bo'lib, turli fraksiyalardan iborat:

- 1) yuqori dispers fraksiyali o'lchami 0,14 mm kichik bo'lib 30% gacha;
- 2) 0,14 mm dan 5 mm gacha o'lchamli fraksiyalar – 40-55% gacha;
- 3) 5 mm gacha kichik fraksiyalar – 15-20% gacha;

Ftorangidrit qiyin eriydi, ayniqsa qotayotgan sistemada vodorod konsentratsiyasini o'zgartiradi [69].

Ftorangidritning kimyoviy tabiati aktivator (ya'ni faollashtiruvchi) sifatida [70] klassifikatsiyaga muvofiq SaG'_2 va $SaSO_4$ (qattiq kislota), $CaCO_3$ (qattiq asos) tarzida namoyon bo'ladi.

Qiyin eriydigan $SaSO_4$ normal va 80°S temperaturagacha bog'lovchining silikat fazasiga, ayniqsa alitga faol ta'sir ko'rsatadi. Alyuminat fazada esa uning ta'siri yo'q. Qattiq asos, u mustaxkamlik erta boshlanishini jadallashtiradi. Bog'lovchi material strukturasidagi $CaCO_3$ modifitsirlovchi roli tobermorit gel tipidagi gidrosilikatlar xosil qilishdan iborat. Bog'lovchi tarkibidagi ftorangidritning miqdori 10-20% gacha bo'ladi.

Tuproq jinsi dispers sistemadan iborat bo'lib, ularning fizik-kimyoviy faolligi gidrofillini namoyon etadi, bu ayniqsa adsorbsiyaga va reaksiya almashiniga, qattiq faza tarkibiga xamda dispreslik muxitiga bog'liqdir. Tuproq minerallari turli kimyoviy tarkibga, qavat-qavatli strukturaga ega, bu xususiyatlar alyumosilikatlar sinfiga xosdir. Tuproq minerallari reaksiyaga kirishish xususiyati uchun geologik (montmorillonit-kaolinit-gidroslyuda) tuzilishiga bog'liq. Ayniqsa, montmorillonit

tuproqlarining “qo‘zg‘aluvchan” kristall strukturaga ega bo‘lganlari faolroq xisoblanadi, ularni suvdagi bo‘kish issiqligi 4,18 J/g ni, zarrachalarining o‘lchami esa 200 mkm dan kichik ko‘rsatkichni tashkil etadi. Montmorillonit tuproqlari solishtirma yuzasi kaolinit gidroslyuda minerallarining solishtirma yuzasi 10 marta katta. rN muxitida eritmalarning kislotalik ko‘rsatkichi katta intervalda o‘zgaruvchan bo‘lib, u oson eruvchan tuzlarning miqdoriga xamda tuproq jinslarining ion almanishuviga bog‘liqdir.

E.D. SHukin [72] ma’lumotiga ko‘ra dispers sistemalarning strukturasi va ularning mustaxkamligi kislotali va ishqoriy muxitlarga o‘tish davrida o‘zgaradi. Bu xolatda tuproq minerallarining yon skollari rN muxitiga bog‘liq ravishda zichligi va yuza zaryadlari belgisi bilan o‘zgaradi. Tuproq zarrachalarining yon skollari zaryad belgisi va kattaligini o‘zgarishi bog‘lovchi sistemalari struktura xosil bo‘lishiga sezilarli ta’sir etadi.

YUtilish parametrlari [73] juda mayda fraksiyalar uchun (montmorillonit) zarrachalarning o‘lchamiga bog‘liq emasligi tekshirilgan. Muallif kaolinitli tuproqlarning mayda dispers fraksiyalarida montmorillonit va vermikulit aralashmalari jamlangan, ular strukturada Mg^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+} va Si^{4+} kationlarining geterovalentli izomorfik almashinuvidan tashkil topganligini ko‘rsatadi. Ko‘rsatilgan minerallar kaolinitli tuproqlarga aralashmalarining kimyoviy tarkibi bo‘yicha xamda aralash-qavatli struktura elementlari sifatida kiritish mumkin. Bu strukturada almashinuvchi kationlarning joylashgani bo‘yicha yoki tuproq jinslarining mexanik va fizik-kimyoviy xossalari xamda ion almashinuviga bog‘liq.

Kaolinit mineralining yana bir ahamiyati xaqida [74] shuni aytish mumkinki, maydalanish jarayonida u amorf material xossalarini namoyon etadi. SHuning uchun tuproq jinslarini sharli tegirmonda maydalashdan oldin quritib olishni materialning mexanik aktivatsiyasi deb baxolash mumkin. Maydalash jarayoni № 008 elakda 45-50% qoldiq qolgunga qadar olib boriladi. 5-80 mkm o‘lchamdagi zarrachalar o‘rtacha 50%ni tashkil etadi, qolgan qismi esa 80-200 mkm o‘lchamdagi zarrachalardan iborat.

Amaliyotda gruntomaterial sifatida, gruntни qotirishda portlandsement ishlatiladi. Kompleks bog‘lovchi tarkibida u qotish jarayonining aktivatori rolini o‘ynaydi, katalizator sifatida struktura xosil bo‘lish jarayoniga ta‘sir etadi, rN muxiti ahamiyatini aniqlagan xolda dispers faza markazlari almashinuvini jadallashtiradi va tuproq jinslarining ortiqcha suvlarini qotish jarayonining dastlabki bosqichlaridayoq bog‘laydi. Bog‘lovchilik xususiyatiga ko‘ra bu kompozitsion material strukturasida u dispers-ostonlashtiruvchi komponent bo‘lib, 5-10% miqdorda kiritiladi.

Struktura bog‘larini xosil bo‘lishida muxim ahamiyat suvga mansub. Dispers grunt yuzasidagi molekulalar bilan suvning o‘zaro ta‘sirida bo‘lib, u suv molekulalarining energetik xolatini o‘zgartiradi. Tabiiy dispers sistemalarga yaqin qatlamlarda suv yuzasi va sirt yuzasida plenkalarning shakllanishida uchta fizik-kimyoviy jarayonlar bilan ifodalanadi:

- 1) adsorbsiya;
- 2) sirt osmosi;
- 3) kapilyar singish.

Suvning faolligi O.YA.Samoylova, G.G.Maslinnikova, YU.A.Nabaruxin va boshqalar [75] ta‘limotiga ko‘ra turli faktorlar - nuqsonlar, sirt yuzasi g‘ovakligi, temperatura, bosim, ularda elektronlarning mavjudligi, qo‘shimcha vodorod bog‘larining orientatsiyasi va ularning energiyasiga ta‘sir ko‘rsatadi, xamda 10 dan 1600 kJ/mol diapozonda o‘zgaradi. Bu xolat suv molekulalaridagi energetik bog‘lar van-der-vals diapozonidan to kimyoviy jarayongacha o‘zaro ta‘sir ko‘rsatadi va shu material bog‘lovchilar strukturasini xosil bo‘lishiga imkon beradi. Mazkur ma‘lumotlarni o‘z navbatida suvni noorganik materiallar va oksidlarning qotishida matritsali asos deb ko‘rish mumkin.

Qattiq jismning buzilishi kinetik jarayon bilan xarakterlanadi, shuning uchun energetik va temperatura-kuch ostidagi ta‘sirlar gidratatsiyaning boshlang‘ich stadiyasida birinchi darajali ahamiyat kasb etadi [76]. Bu xolat ayniqsa muxit temperaturasi 40-80°S ga ko‘tarilganida ahamiyatlidir. Bunday sharoitda xajmiy kengayish koeffitsienti bog‘lovchi zarrachalar uchun $(3,6-2,4) \cdot 10^{-7}$, suv uchun esa

$4,5 \cdot 10^{-4}$ ni tashkil etadi. Suvning qayishqoqligi esa 20°S da $10,02 \cdot 10^3$, 40°S da $6,53 \cdot 10^3$ gacha kamayadi.

Vodorod ionlarining energiyasini baxolashda uning kaolinit qatlamlari orasidagi o'zaro bog'lar, barcha olti ichki yuza sirti ON gruppallari shu materialning elektron yacheykalaridan o'tishi va kuchsiz vodorod bog'larining energiyasi 42 kJ/el.yach. ni tashkil etadi. Bu van-der-vals energiyasidan 3 marotaba ko'p (15,7 kJ/el.yach), lekin elektrostatik (121 kJ/el.yach)dan kam bo'lib, kaolinit qatlamlarining umumiy energiyasi 179 kJ/el.yach ni tashkil etadi [77].

Ko'rilgan ma'lumotlar alyumosilikatli va ftorli komponentlarning xamda tuproq minerallaridan olingan to'ldiruvchilarni struktura xosil qilishini tushunishda muxim rol o'ynaydi. Qotishning boshlang'ich stadiyalarida turli tuproq minerallarining issiqlikdan yumshashi o'zgaruvchan xolatda kuzatiladi, bu zarrachalarning yuzasidagi adsorblangan suvning miqdori o'zgarishiga bog'liqdir [78]. Muallif tomonidan qotgan sement toshining mustaxkamligi adsorblangan suv qatlamlari orasidagi bog'larning mustaxkamligi bilan taqqoslanishi ko'rsatib o'tilgan.

Tuproq va ularning koagulyasion struktura xosil bo'lishi, FNGV ning muxim texnik, deformatsion va mexanik xossalarini shakllanishi, qattiq zarrachalarning mustaxkamligi, suv qatlamlarining xossalari va kogeziyon xossalari xamda vodorod bog'lari bilan aniqlanadi. Kompozitsion materialning strukturaviy mexanikasiga mineral to'ldiruvchi diskret-armirlangan komponent sifatida aloxida xissa qo'shadi. Bu maqsadda mayda shag'al ishlab chiqarishdagi chiqindilari (5 mm o'lchamgacha bo'lgan granit donachalari va 8,5 mass.% gacha miqdordagi tuproq va chang) xamda yiriklik moduli 1,6 bo'lgan kvars qumi ishlatiladi.

Tarkibi yuqori dispers bo'lgan bog'lovchilarga mos ravishda materialning strukturasini o'zi tashkil bo'lishida mineral to'ldiruvchi kamida 3 ta talabga javob beradi:

1) to'ldiruvchi bog'lovchi materiallar sistemasida kristallizatsion markazni xosil bo'lishida va kalsiy gidrosilikatlarini shakllanish jarayonini jadallashtirishda kimyoviy faollikni ta'inlaydi;

2) to'ldiruvining xossalari bilan semnt-qorishma aralashmasida fizik polifunksionallik bilan plastifitsirlovchi xarakter ko'rsatadi [79], bog'lovchi material bilan aniq kattalikda yuza elektrik potentsiallarni shallantiradi va bu bilan qotayotgan sistemaning mustaxkamlanishiga adgezion ta'sir ko'rsatadi;

3) to'ldiruvchi granulometrik faktor xisobiga minimal xajmda shakllangan donachalararo bo'shliqda strukturaviy mexanik ratsionallikni ta'minlaydi.

Kuydirilmagan ftorangidritalyumosilikatli materialning mustaxkamligi.

Qotayotgan sistema strukturasini shakllanishining sifatini baxolashda FNGVning mustaxkamligi birinchi darajada turadi.

Bunda bog'lovchi materialning normal quyugligi GOST 310-76 bo'yicha 31% ni tashkil etishi lozimligi inobatga olinadi. Bog'lovchi materialdan o'lchami 4x4x16 sm bo'lgan namunalar tayyorlanib xossalari 7, 14, 28 va 56 sutkalarda sinaldi, bunda qotish sharoiti normal xolatda bo'ldi. Natijalar jadvalda keltiriladi:

2-jadval

Bog'lovchi tarkibi va to'ldiruvchi ulushi

№	Bog'lovchining tarkibiy nisbati (massa bo'yicha)		To'ldiruvchi ulushi, mass.	Kompozitsion material tarkibi, mass.
	FNV	Suglinka		
1	1	4,00	-	1 : 0
2	1	2,00	2,00	1 : 0,67
3	1	1,33	2,67	1 : 1,15
4	1	1,00	3,00	1 : 1,50

FNGV strukturasi xosil bo'lishida kvarsli to'ldiruvchilar muxim o'rinda turadi, bunda yuzaning faolligi faol markazning elektron strukturasi bilan bog'liq.

1 sm² yuzadagi gidroksid gruppalarni faol markazining maksimal ko'rsatkichi 1,3·10¹⁵ on/sm² ni tashkil etadi, 1 nm² yuzada 13 ta ON gruppaga joylashgan.

YUza faolligini ortishiga aralashmani vibratsiyadagi xarakatchanligi ortishi yoki qovushqoqlik effekti sabab bo'lishi mumkin. Bir tomondan qotayotgan sistemaning reaksiyon xususiyati ortadi. Eksperimental tadqiqotlarga ko'ra tarkibiga to'ldiruvchi kiritilgan kompozitsion materialning siqilish kuchiga bo'lgan mustaxkamlik ko'rsatkichi qonuniyat bo'yicha kuzatiladi. Bu fakti baxolashda tarkibiga FNGV 10% kiritilgan protlandsementning mustaxkamligi 5% kiritilganiga nisbatan pastroq ekanligini ko'rish mumkin.

3-jadval

Protlandsementning mustaxkamligi

№	v/v	Mexanik mustaxkamlik, MPa			
		14 sutka		28 sutka	
		Egilish kuchiga	Siqilish kuchiga	Egilish kuchiga	Siqilish kuchiga
1	1,11	0,80	1,84	1,20	3,76
2	0,80	2,60	10,40	4,10	14,00
3	0,73	2,90	12,80	4,60	16,80
4	0,64	3,10	13,20	4,80	17,50

Demak, FNGV tarkibiga to'ldiruvchi kiritilganda kompozitsion materialning mustaxkamligi 5 marta ortadi.

Tekshirilayotgan kompozitsion materialning fazaviy tarkibi va strukturasi rastrli elektronoskopik taxlil yordamida aniqlandi. Rastrli elektronoskopning quvvati 20 kV. Namunalarning yuzasi taxlil etilganda, 1-namuna (7 sutka) strukturasi uzluksiz ravishdagi matrik panjaralardan iborat bo'lib, g'ovaklar xam mavjud. 2-namuna strukturasi esa (28 sutka) yangi paydo bo'layotgan fazalar bilan to'lgan, katta darajada past asosli tobermorit gelli S-S-N tolasimon tuzilishdagi

xolatda, xamda tuproq minerallari bilan birgalikdagi tangasimon, tasmali gel kristallari 3-namuna strukturasida kuzatiladi.

FNGV struktura xosil bo'lish kinetikasida temperatura faktori. Temperatura ortishi bilan struktura xosil bo'lish jarayoni jadallashadi, xamda o'zaro kontakt energiya xam oshadi. Bog'lovchining dispers faollik energiyasi ortishi bilan struktura shakllanishida o'zi xosil bo'ladigan jarayon sistemaning ozod energiyasini pasayshiga olib keladi. Bunda bog'lovchining reaksiyaga kirishish xususiyati ortadi. Namnunalarining temperaturaga bog'liq ravishda egilish va siqilish kuchiga bo'lgan mustaxkamligi, material tarkibi va ularning qotish muddati, bug'latish temperaturalari tajribalar asosida o'rganildi. Tajribalar bug'latishning optimal temperaturasi 40°S ekanligini ko'rsatadi.

SHu o'rinda suv temperaturasining solishtirma issiqlik sig'imini o'zgarishini korrelyasion bog'likligi qiziqarlidir [80]. Bu o'zgarish anomal bo'lib, 0 dan 37°S gacha temperaturada solishtirma issiqlik sig'imi kattaligi pasayadi, 37°S dan 100°S gacha esa ortadi. Buni vodorod bog'larining oson deformatsiyalanishi bilan izoxlash mumkin.

FNGV asosidagi kompozitsion materialning sovuqqa bardoshligi. Materialshunoslikning amaliy muammolariga materialning tarkibi, sovuqqa bardoshligi, fizik-kimyoviy va fizik-mexanik xossalarning o'zaro bog'liqligini ochib berish kiradi. Mazkur kompozitsion materialning kriogen faollashtirish gidratatsion jarayonda strukturani soddalashtirish xaqida yangi xolatlar bayon etiladi [81]. Bunda, materialning sovuqqa bardoshligi uzoq muddatlilik mezoni bo'lib, u struktura parametrlari, o'lchamlari va bir tarkibli yangi fazalar xosil bo'lishi bilan bog'liqligini xisobga olish lozim. Bu struktura yuzasida E.D.SHukin ma'lumotiga[82] ko'ra 20-40 kkal/mol ni tashkil etuvchi o'zaro ta'sirlashuvchi suv molekulalarining energiyasini topish mumkin.

Materialning sovuqqa bardoshligini [83] materialning strukturasiga va uning g'ovaklarida muz xosil bo'lishi xamda yangi paydo bo'layotgan faza yuzasiga bog'liq ravishda ko'p fazali xisoblanadi. FNGV materialining sovuqqa bardoshligi -50°S temperatura sharoitida sinab ko'rildi. Namunalar $4\times 4\times 16$ sm o'lchamda

tayyorlandi va tekshirish natijalari FNGV asosidagi kompozitsion materialning qotishi normal, lekin 10 siklli sovuqbardoshlikka ega bo'ldi. Mustaxakmlikni pasayishi 25% ni tashkil etadi. TVO 40°S rejimdagi to'ldiruvchi kiritilganda tez qotuvchi bog'lovchi material namnunalari -50°C temperaturada 10-15 siklli sovuqbardoshlikni namoyon etdi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, yuqori qurilish-texnik xossalarga ega bo'lgan yangi kompozitsion materialning shakllanishida kuydirilmagan alyumosilikatlar muxim rol o'ynaydi.

Sement ishlab chiqarish [80] sanoatida kimyo sanoati chiqindilaridan foydalanish istiqbolli bo'lib, chiqindilarga qo'shimcha ravishda ishlov berish muximdir [82]. Bunday materiallar qatoriga turli xildagi kremnezem [83], trepel va opoka kiradi.

Noorganik polimorf bog'lovchi va kompozitsion materialning kimyoviy texnologiyasi kafedrasida bir necha tadqiqot ishlari olib borilib, bu ishlarda kimyoviy va tog'-kon ishlab chiqarish sanoati chiqindilarini sementning qotishini faollashtiruvchi sifatida foydalanish yo'llari o'rganilgan [85].

Bu tadqiqot ishlari natijalariga ko'ra Sa-fosfoangidrit, $\text{SiO}_2 + \text{Sa}$ - fosfoangidrit, G'e- fosfoangidrit va SiO_2 – fosfoangidritlarni tez qotuvchan portlandsement olishda qotish jarayonini faollashtiruvchi sifatida tavsiya etilgan. Faollashtirilgan sementlarning mexanik mustaxkamlik ko'rsatkichlari ortishida eng maqbuli 420°S da degidratatsiya va neytrallovchi material Sa-fosfoangidrit bo'lib, uning mustaxkamligi 1 sutkali yoshda 13 MPa gacha etgan. Fosfogipsni yarim gidrat xolda ishlatilganda aktivatorni olishning optimal temperaturasi 300°S ni tashkil etadi. Fizik-kimyoviy taxlil (RFA, IQS, petrografik va elektron mikroskopik) natijalariga ko'ra Sa-fosfoangidrit asosan kalsiyning fosfatlari, 10% α -yarimgidrat aralashmasi va suvsiz kalsiy sulfatidan iborat. Yarim gidratning ishtirokini termik ishlovda maxsulot qatlamlarida muvozanatsiz sharoit bilan izoxlash mumkin.

Olingan maxsulot kalsiy fosfori va karbonatlarining xossalarini faollashtiruvchi, fosfoangidrit yuzasida ijobiy ta'sir etuvchi kislotalik xossalarini mujassamlagan kompleks qattiq aktivatordir [85].

2.5. Soda ishlab chiqarish chiqindilarining ishlatilish sohalari.

Kalsiy xlorididan kimyo sanoatida foydalanish, tuproqli va shag'alli yo'llarni changsizlantirish uchun qo'llanilishi mumkin. Amaliyotda tuzli sho'rlarni melioratsiyalash uchun, ko'mirni boyitishda, betonlarga qo'shimcha sifatida foydalanish mumkin. Oxirgi paytda CaCl_2 sement shixtasiga qo'shilganda uning kuydirish haroratini $350-500^\circ\text{S}$ ga pasaytirish mumkinligi aniqlangan. Bu yoqilg'i sarfini 30%ga kamaytirish va kuydirish pechlari unumdorligini oshirishga xizmat qilishi mumkin. Pastroq harorat ostida hosil bo'luvchi klinker osonroq parchalanadi, uning asosida esa yuqori markali betonlar olinishi mumkin.

Distillerli suyuqlikni mahsulot sifatidagi CaCl_2 va NaCl ga qayta ishlash maqsadida uni tindirib, tozalanadi va SO_4^{2-} ionlaridan holi qilinadi, so'ngra bug'latiladi. Buning natijasida cho'kmaga avval natriy xlorid tushadi, u ajratib olinadi, yuviladi va sentrifugalarda siqib olinadi. Qolgan CaCl_2 ning 32 -38 % eritmasi sisternalarda iste'molchilarga etkaziladi. Agar qattiq holdagi mahsulot kerak bo'ladigan bo'lsa, eritmani oxirigacha bug'latiladi, bunda undan qo'shimcha ravishda NaCl kristallari cho'kadi va ular ajratib olinadi. Bug'latish natijasida olingan mahsulot sovutiladi va tangasimon holatga keltiriladi. Bu mahsulot kalsiy xloridning degidratidan iborat bo'lib, uning tarkibida 16-80% CaCl_2 bo'ladi. Tangasimon xolatga keltirish metallardan yasalgan aylanuvchi barabanlar ichida suv bilan sovitish orqali amalga oshiriladi.

SHuni nazarda tutish lozimki, CaCl_2 ning sotilishi nisbatan ko'p emas. Bundan tashqari, suvni distillerli suyuqlikdan bug'latish uchun ko'p energiya sarflanadi.

YUqoridagi ma'lumotlarga tayanib shuni xulosa qilish mumkinki Solve usulida soda ishlab chiqarishda jarayonning o'zida bevosita faqat birgina chiqindi kalsiy xlorid ajralib chiqadi, lekin shu bilan birga soda ishlab chiqarish uchun ishlatilayotgan Jamansay oxaktosh koni mayda fraksiyali chiqindilarini ham shartli ravishda soda soxa chiqindilariga kiritish mumkin.

Xo'jalikda olinadigan kalsiy xloridni qo'llash uni yuqori namlanishiga, ya'ni havodan sezilarli miqdorda namlni yutib olib, va osongina suvda erishiga asoslangan; konsentratsiyalangan aralashmalarni suv bilan solishtirganda past muzlash temperaturasi va yuqori qaynash temperaturasi ega (30%li CaCl_2 155 $^{\circ}\text{C}$ temperaturada muzlaydi va 111,6 $^{\circ}\text{C}$ temperaturada qaynaydi).

Kalsiy xloridni asosiy foydalanuvchilari kimyoviy sanoat (sintetik kauchuk ishlab chiqarish, flotatsiya jarayonlari va b.), muzlatadigan texnika, qurilish (betonni tutib olish tezligini oshiradi), rangli metallurgiya (o'z miqdorida kalsiy bo'lgan babbitt qotishmalar tayyorlash), muzlab bir birisiga yopishib qolmasligi uchun rudalarni qayta ishlash, to'qimachilik sanoati va xalq xo'jaligining boshqa sohalari hisoblanadi.

Yo'l-yo'lakay olinadigan natriy xloridning asosiy foydalanuvchilari qishloq xo'jaligi (kombikormlarni va kormoaralashmalarni tayyorlash), ba'zan NaCl ni soda tayyorlashda jarayonning boshiga qaytaradilar.

Distiller suyuqlikni tayyorlash bo'limini asosiy texnologik apparati korbanizatsion kolonna hisoblanadi. Bu yerda korbanizatsiya jarayoni gaz va suyuqlikni kichik nisbatlari bilan tavsiflanadi, bu esa uni ammiakli soda ishlab chiqarishni boshqa gaz suyuqlikli jarayonlaridan yetarlicha darajada farqlaydi. Shuning uchun korbanizatorni ishlab chiqarishda apparatni kontaktli elementlarsiz tuzilishi qabul qilingan, bu esa gazni nisbatan kichik sarflarida samarali bo'ladi va devorini gipsli hamda karbonatli cho'kindilar bilan inkrustirlanishini oldini oladi. Tavsiya qilinayotgan korbanizatorlar Ct 10 po'latidan yasalgan, balandligi 20 m, diametri 3 m. Kolonna gazni taqsimlash uchun tishlarga ega Psimon kesimli halqasimon gaztaqsimlanish bilan jixozlangan.

Karbonizatorlarni ishlatish tajribasidan ko'rinib turibiki kolonnani yuqori qismida inkrustatsiyalar juda kam, pastki qismida mayin cho'kma bo'ladi. Eng ko'p inkrustatsiyalar kolonnani o'rta qismida kuzatiladi, bu yerda zich cho'kindilar 5 m ga yetadi. Shuning uchun karbonizatorlarni ikki oyda bir marta ohaktosh pechlari gazlari va bug' ishtirokida suv bilan yuvish tavsiya qilinadi.

Yuqorida keltirilgan usun neft qatlamlarini suvlantirish uchun quyidagi tarkibli distiller suyuqlik imkonini beradi: Fe^{3+} va Mg^{2+} bilan qatlamlarni kalmatirlashga qodir bo'lgan erimaydigan cho'kmalar hosil qiluvchi OH^- ionlarini yo'qligi; ruhsat etilgan konsentratsiyadan ko'p miqdorda tortma va mexanik qo'shimchalar bo'lmasligi (hozirgi kunda $\text{RQK}=20 \text{ mg/l}$); gips bo'yicha o'ta to'yinganlikni yo'qligi.

Kalsiy xloridning karbonatli portlandsementning gidratatsisiga va qotishiga ta'siri.

Ushbu qismda biz, laboratoriya sharoitida olingan marmar ishlab chiqaruvchi korxonalari chiqindisi-kalsiy karbonat, hamda soda ishlab chiqarish chiqindisi-kalsiy xloridning sement birikmasini tashkil etuvchilarning fizik mexanik xususiyatlariga hamda ularning qotish jarayoniga tezlashtirishga ta'sirini tadqiq etishni maqsad etib qo'ydik. Klinker minerallari tarkibiga ko'plab tonnali marmar kukuni chiqindisini kalsiy xlorid bilan birga kiritilishi aralashmada kalsiy miqdorini ko'paytiradi va sementning tishlashish va qotish jarayoniga ta'sir ko'rsatadi. Kalsinirlangan soda-shlamlar ishlab chiqarish chiqindilari tuzli suvni tozalashda hosil bo'lib, distillyasiyadan so'nggi tashlandiqdir.

Osh tuzi eritmasini tozalanishida hosil bo'luvchi shlam-magniy (3,5%), kalsiy (Na_2CO_3 – 9%, $\text{Na}(\text{OH})_2$ – 0,3%) tuzlaridan, kremniy dioksidi (0,3 %gacha) va boshqa eruvchi aralashmalardan hamda osh tuzining to'yingan eritmasidan (22%) tashkil topgan suspenziyadan iboratdir.

Shlam taxminan $0,1-0,2 \text{ m}^3/\text{t}$ sodadan hosil bo'ladi. Filtratni qayta ishlanishidan so'ng hosil bo'luvchi shlam – kalsiy karbonat va kalsiy xlor va natriy xlor eritmasidan kalsiy oksidining suspenziyasidan iborat bo'lib, $10 \text{ m}^3/\text{t}$ sodani tashkil etadi.

II BOB. ASOSIY TADQIQOT OB'EKTI USLUBLARI

2.1. Ilmiy-tadqiqot olib borish usullari

Tadqiqot va sinov – tajriba ishlari o'tkazish an'anaviy usullar asosida GOST 310.86 talablariga royiya qilingan xolda olib borildi.

Bunda:

1. Dastlabki xom-ashyo materiallarining kimyoviy tarkiblarini aniqlash;
2. Dastlabki komponentlarning fizik-mexnik xassalarini aniqlash;

2.1.1. Sement qorishmasining normal quyuqligini aniqlash usuli

Bu usul Vika priborida olib borildi. Vika pribori igna, pestik xamda pribor uchun xalqadan iborat bo'lib, u asos statina va yo'lakchada erkin xarakatlanuvchan tarzda joylashgan. Strejenni kerakli balandlikka maxkamlash uchun styopor moslamasi xizmat qiladi. Strejen statinaga maxkamlangan va ko'rsatkichlari-shkalalar bilan ta'minlangan. Son ko'rsatkichlarining oralig'i 1 mm dan.

Sement qorishmasining normal quyuqligini aniqlashda sterjenning pastki qismiga metall silindr pestik qo'yiladi. Sementning tishlashish muddatini aniqlashda pestik o'rniga igna qo'yiladi. Pestik yuzasi polirovkalangan, zanglamaydigan po'latdan yasaliishi lozim. Iгна xam zanglamaydigan qattiq po'lat simdan yasaliishi va yuzasi polirovkalangan bo'lishi lozim. Tajribalar davomida u egilib ketmasligi talab etiladi. Pestik va igna doim toza turishi kerak.

2.1.2. Vika pribori uchun xalqa va xalqa o'rnatiladigan plastinka zanglamaydigan po'latdan, plastmassa yoki suv yutmaydigan materiallar bo'lishi talab etiladi.

2.1.3. Sement qorishmasini tayyorlashda ishlatiladigan aralashtirgich texnik shartlarga javob berishi kerak.

2.1.4. Laboratoriya sharoitida mexanik aralashtirgich bo'lmagan xolda sement qorishmasi maxsus, zanglamaydigan po'latdan yasalgan sharsimon shakldagi idishda tayyorlanadi. Bu jarayonda ishlatiladigan aralashtiruvchi qorgich-lopata egiluvchan po'latdan yasaladi.

2.2. Sinov ishlarini olib borish.

2.2.1. Sementning normal quyugligi bu - Vika priborining pestigi sement qorishmasi to'ldirilgan xalqa tubiga 5-7 mm etmagan xoldagi konsistensiya xolatidir. Sementning normal quyugligi massaga shimilgan suvning foizdagi miqdori bilan xarakterlanadi.

2.2.2. Sement qorishma namunasi GOST 310.1-76 talablari asosida tayyorlanadi.

2.2.3. Tajribani olib borishdan avval Vika pribori tekshiriladi. Vika priborining sterjeni erkin tushishi va pribor ko'rsatkichi 0 raqamda turishi, pestikni plastinkaga tegishi va boshqalar. CHetga chiqish xolatlarida pribor sozlanadi. Xalqa va plastinka tajriba boshlashdan avval mashina moyi bilan artiladi.

2.2.4. Sement qorishmasini qo'lda tayyorlash uchun 400 g sement tortib olinadi va oldindan tozalangan maxsus idishga solinadi. Idishdagi sement o'rtasidan chuqurcha xosil qilinadi va normal quyuglikni xosil qiladigan miqdorda suv solinadi. CHuqurchadagi suv ustiga sement kukunlari solinib 30 sekunddan keyin oxista, keyin esa tez fursatda qorgich-lopata bilan aralashtiriladi.

2.2.5. Aralashtirish tugagach xalqaga tezgina sement qorishmasi solinadi va plastinka ustida 5-6 marta silkitiladi. Qorishma yuzasi xalqa chetlari bilan bir tekis qoplanadi, ortiqcha massa pichoq yordamida olib tashlanadi. Keyin sement qorishmasi solingan xalqa o'rtasidan massa yuzasiga pestik tekkaziladi va maxkamlangan strejenni bo'shatiladi xamda pestikni qorishmaga erkin tushishi ta'minlanadi. 30 sekunddan keyin pestikni erkin tushishi shkala ko'rsatkichi bo'yicha xisoblanadi.

Sement qorishmasi quyugligi va konsistensiyasi bir-biriga mos kelmasa suvning miqdori o'zgartiriladi va yana qorishmani qorib pestikni massa tubiga tushishi 2.2.1. bo'limda ko'rsatilgan talab bo'yicha borishi ta'minlanadi. Normal quyuglikdagi qorishmani olish uchun qo'shilgan suv miqdori 0,25% gacha aniqlikda aniqlanadi.

2.3. Tishlashish muddatini aniqlash.

2.3.1. Foydalaniladigan priborlar 2.1.1. bo'limda keltirilgan jixozda xamda tishlashish muddatini aniqlovchi avtomatik tarzda ishlovchi priborlarda amalga oshiriladi.

2.3.2. Tajribani olib borish.

2.3.3. Tajriba olib borishdan avval Vika priborining tayyorgarlik xolatini 2.2.3 bo'lim bo'yicha tekshiriladi va ignaning tekisligi, tozaligi kuzatiladi. Priborning ignasi normal quyuqlikdagi sement qorishmasi yuzasiga 2.2.4 va 2.2.5 bo'limlar bo'yicha tekkaziladi. Stopor yordamida maxkamlangan sterjen bo'shatiladi, ignani massaga erkin tushishi amalga oshiriladi. Ignani plastinkaga qattiq urilishini oldini olish maqsadida tajriba boshida qorishmani plastik xolatda biroz ushlab turiladi. Qorishma biroz qotib, igna uchun xavf kuzatilmasa uni massaga erkin tushishiga yo'l qo'yiladi. Tishlashish muddati ignani erkin tushish momentidan boshlanadi. Ignani xar 10 minutda massaga botiriladi, bunda ignani bir joyga ikki marta tushmasligi kerak. Igna xar bir xarakatdan so'ng artib turiladi. Tajriba olib borish vaqtida pribor yopiq xonada bo'lishi, qimirlamaydigan stolga o'rnatilishi lozim.

2.3.4. Sement qorishmasining tishlashish muddatini boshlanishi massaning qotishi boshlanishidan to ignani plastinkaga 1-2 mm gacha etmay tushgan xoldagi momentigacha xisoblanadi.

2.4. Sementning xajmini bir me'yorda o'zgarishini aniqlash

2.4.1. Xajmni bir me'yorda o'zgarishini maxsus jixozda aniqlanadi. Bu maqsadda qaynatish sinovi uchun maxsus bachok, gidravlik to'siqli vanna kabilardan foydalaniladi.

2.4.2. Qaynatish bachogi suv xajmini boshqaruvchi regulyatorli bo'ladi. Bachok ichiga olib-solinadigan panjara joylashtirilgan bo'lib, u bachok tubidan 5 sm yuqorida turadi. Bu panjaraga tajriba uchun namunalar solinadi. Qaynatish vaqtida tajriba namunalarini doimiy ravishda suv bilan 4-6 sm qalinlikda

qoplanishi ta'minlanadi. Bachok elektr plita yoki istalgan isitish maslamasida qizdirilishi mumkin. Bunda suvni qaynash darajasiga etish xolatida 30-45 minut ushlab turiladi.

2.4.3. Namunalarni saqlash uchun mo'ljallangan gidravlik to'siqli vanna korroziyaga chidamli materialdan tayyorlanadi. Vannaga namunalarni joylashtirish uchun panjara o'rnatilgan va uning tagida doim suv bo'lishi kerak.

2.4.4. Tajribani olib borish.

2.4.5. Sement xaxmini bir me'yorda o'zgarishini aniqlash uchun 2.2.4 va 2.2.5 bo'yicha normal quyuvlikka ega bo'lgan sement qorishma-xamiri tayyorlanadi. Tayyor qorishma-xamirdan og'irligi 75 gr dan bo'lgan 2 dona sharik yasaladi va oldindan mashina moyi bilan artilgan shisha plastinka ustiga qo'yiladi. Keyin shariklardan diametri 7-8 sm, qalinligi o'rtacha 1 sm bo'lgan kulchalar yasaladi. Xo'llangan pichoq yordamida kulchalar tekislanib, yuzasi silliqatlanadi.

2.4.6. YUqoridagi 2.4.5 bo'lim bo'yicha tayyorlanagn kulchalar gidravlik to'siqli vannada 24 ± 2 CaOat davomida saqlanadi, keyin qaynatish sinoviga beriladi.

2.4.7. YUqoridagi 2.4.5 bo'lim bo'yicha saqlash muddati tugaganidan so'ng kulchalarni vannadan olib panjarali bachokka solinadi. Bachokdagi suv qaynash darajasiga etkaziladi va 3 soat davomida ushlab turiladi. Keyin namunalar sovutilib taxlil etiladi.

2.4.8. Namunalarni yuzasida oddiy ko'z yoki lupa bilan kuzatilganda mayda yoriqlar va darzlar bo'lmasligi, kulchalarning chetlari qiyshayib ketmaganligi va namuna xajmini o'zgarmaslik xolati sement xajmini bir me'yorda o'zgarishi bo'yicha standart talablarga javob beradi.

2.5. Egilish va siqilish kuchiga bo'lgan mustaxkamlik chegarasini aniqlash usuli.

2.5.1. Mustaxkamlik chegarasini aniqlash uchun ishlatiladigan jixozlar va moslamalar:

Sement qorishmasini aralashtirish uchun aralashtirgich. Maxsus chasha va qorgich-lapata, silkitish stoli va konus forma. Shtikovka. O'lchamli namuna tayyorlash uchun qoliplar. Qoliplar uchun nasadka. Egilishga bo'lgan mustaxkamlikni aniqlovchi pribor. Siqilishga bo'lgan mustaxkamlikni aniqlovchi press kabilar ishlatiladi.

2.5.2. Sement qorishmasini aralashtirish uchun aralashtirgichning aylanishlar soni minutiga $8 \pm 0,5$, aralashtiruvchi valiklariniki esa 72 ± 5 bo'lishi lozim. Xar bir namunani qorishtirishda aralashtirgich chashasining aylanishlari soni 20 ta bo'lishi kerak, keyin jixoz avtomatik tarzda to'xtaydi.

2.5.3. Qorishtiruvchi chasha va qorgich-lopata GOST 310.2.76 talablari bo'yicha tanlanadi.

2.5.4. Silkitish stoli va konus-forma. Konstruksiya bo'yicha stolning qo'zg'aluvchan qismi $10 \pm 0,5$ mm balandlikka ko'tarilishi va uni balandlikdan erkin tushishi ta'minlanishi lozim. Stolikka qo'yiladigan massaning og'irligi 3500 gr bo'lishi talab etiladi. Massani silkitishlar soni (1 sekunda 1 sikl) 30 sekundni tashkil etishi lozim. Silkituvchi stolik kulachok yordamida privoddan xarakat oluvchi charxlangan shisha disk bilan belgilangan baladlikka ko'tariladi va tayanchga erkin tushadi. Stolik fundament ustiga gorizonta ravishda o'rnatilishi talab etiladi. Stolikni fundamentga qattiq maxkamlanadi.

2.5.5. Konus-formadagi qorishmaning zichlovchi shtikovka zanglamaydigan po'latdan yasalishi kerak. Shtikovka og'irligi 350 ± 20 gr ni tashkil etadi.

2.5.6. Balochka-namunalarni yasash uchun yig'ma shakldon-formalar qattiqligi Brinel bo'yicha NV 140 dan kam bo'lmagan po'lat yoki cho'yandan tayyorlanadi. Yig'ma shakldon-formani yig'ish oson bo'lish uchun qismlari, ya'ni detallari nomerlanadi. Uning bo'ylama va ko'ndalang devorlari yuqori va quyi qismi shlifovkalangan xamda charxlangan tag qismning yuzasiga o'rnatilgan

bo'lishi lozim. SHakldon-formaning devor qismlari tag qismi yuzasiga siqib maxkamlovchi vint bilan qattiq maxkamlanadi. Devorlar va tag qism orasidagi burchak $90\pm 0,5^\circ$ bo'lishi kerak.

2.5.7. SHakllovchi qurilma va moslama metallardan yumshoq birorta materialdan tayyorlanishi va shakldonni echish vaqtida namuna shikastlamasligi kerak.

2.5.8. Balochka-namuna yasaladigan shakldon-formaga qo'yiladigan to'siq shakldonning yuqori devoriga zich o'rnatiladi.

2.5.9. SHakldondagi sement qorishmani zichlovchi vibratsion maydonning amplitudasi $0,35\pm 0,3$ mm vertikal tebranishli bo'lishi va tebranish chastotasi minutiga 3000 dan 200 gacha bo'lishi xamda vaqt rele si bilan o'rnatilishi kerak.

2.5.10. Egilishga bo'lgan mustaxkamlikni aniqlovchi pribor. Bu maqsadda turli konstruksiyali priborlar ishlatilishi mumkin, qachonki quyidagi talablarni qoniqtirishi lozim:

- yukni ortish tezligi sekundiga o'rtacha 5 ± 1 kgs bo'lishi kerak;
- tayanch va uzatma yuk elementlari silindr shaklga ega bo'lishi va parallel ravishda joylashtirilishi kerak;
- uzatma yuk elementi tayanch element yuzasining o'rtasiga joylashishi lozim;
- tayanch va uzatma yuk elementlari qattiqligi Rovvell bo'yicha NRS 55....60 bo'lgan zanglamaydigan po'latdan tayyorlanishi kerak;
- uzatma yuk elementini tutib turuvchi moslama zoldirli tayanchga ega bo'lishi lozim.

2.5.11. Siqilishga bo'lgan mustaxkamlikni aniqlash uchun GOST 8905-73 bo'yicha press ishlatiladi, uning yuk berish chegarasi 20-50 t/s. Press balochkaning yarmiga yuklama beruvchi, markaziy siquvchi plastinka uchun moslama va qo'zg'aluvchan sharsimon tayanchga ega bo'lishi kerak.

2.5.12. Balochkaning yarmiga yuklama beruvchi plastinka qattiqligi Rakvell NRS 55...60 bo'yicha zanglamaydigan po'latdan tayyorlanadi va o'lchami 40x62,5 mm li shlifovkalangan yassi yuzaga ega bo'lishi lozim.

2.5.13. Bug‘ kamerasi begilangan temperaturadagi quyuq bug‘ bilan kamera muxitini ta’minlaydigan konstruksiyaga ega bo‘lishi lozim.

2.6. Sement qorishmasining konsistensiyasini aniqlash

2.6.1. Sement qorishmasining konsistensiyasini aniqlash uchun GOST 6139-78 talablari bo‘yicha 1500 gr normal qum va 500 gr sement tortib olinadi va oldindan tazalab qo‘yilgan sharsimon chashaga solinadi. 1 minut davomida qorgich-lapata bilan qum va sement aralashtiriladi. Keyin quruq aralashma markazidan chuqurcha ochib unga 200 ml miqdorda suv quyiladi, 05 minut davomida suvni singishi kutiladi, keyin 1 minut davomida aralashmani aralashtiriladi.

2.6.2. Sement va qum aralashmasiga suv solishdan avval yoki keyin aralashtiruvchi jixozlarga solib aralashtirish mumkin. Bunda aralashtirgich komponentlarni yaxshi aralashishini ta’minlashi va qumning donadorlik tarkibini o‘zgartirmasligi talab etiladi.

2.6.3. Qorishma aralashtirgichning tozalangan chashasiga quyiladi va 2,5 minut davomida aralashtiriladi. Bunda aralashtirgich chashasining aboroti minutiga 20 marta bo‘lishi lozim.

2.6.4. Silkituvchi stolikning shisha diski markaziga konus-forma o‘rnatiladi. Konusning ichki yuzasi va stolikning diski tajriba olib borishdan avval nam mato bilan artiladi.

2.6.5. Qorishma aralashib bo‘lganidan so‘ng konus-formani yarim balandligigacha to‘ldiriladi va metall shtikovka bilan zichlanadi. Keyin konus qorishma bilan asta-sekin ozgina porsiyalar solib to‘ldiriladi va shtikovka bilan 10 marta zichlanadi. Qorishmaning yuqori qatlami zichlanganidan keyin konus chetlari bilan barobar qilib tekislanadi, ortiqcha massa pichoq yordamida olib tashlanadi va vertikal xolatdan olinadi.

2.6.6. Qorishma silkituvchi stolikda 30 ± 5 sekund davomida 30 marta silkitiladi, konusning pastki asosidan o‘zaro perpendikulyar bo‘lgan ikki yo‘nalish

bo'yicha konus diametri shtangensirkulda o'lchanadi va o'rtacha qiymati olinadi. $V/s=0,40$ bo'lganida konus rasplavi 106-115 mm oralig'ida bo'lishi kerak. Agar konus rasplavi 106 mm dan kam bo'lsa suv miqdori oshiriladi, 115 mm dan ko'p bo'lsa suv miqdori kamaytiriladi. Sement – suv nisbati konus rasplavining 106-115 mm xolatiga erishilganidagi namuna keyingi tajriba-sinov ishlari o'tkazishda ishlatiladi.

2.6.7. Sement qorishmasi konsistensiyasini vibromaydonda standart konus rasplavi usuli bilan fakultativ bajariladi.

2.7. Egilish va siqilish kuchiga bo'lgan mustaxkamlikni aniqlash.

Namuna tayyorlashdan avval shakldon-forma devorlarining yuzasi va tubiga mashina moyi engil surtiladi. SHakldon-formaning tashqi devorlari va tagiga solidol yoki quyuq surtma (smazka) yupqa qilib surtiladi. Yig'ilgan formaga to'siqchalar o'rnatiladi va to'siqcha bilan formaning ichki tomonidan quyuq surtma suriladi.

2.7.2. Sement mustaxkamligini aniqlash uchun qorishmadan 2.6.1 va 2.6.3 bo'limlar bo'yicha $V/s=0,40$ bo'lganida va qorishma konsistensiyasini xarakterlovchi konus rasplavining 106-15 mm xolatda bo'lganida balochka-namunalar tayyorlanadi. 2.6.6. bo'lim bo'yicha sement-suv nisbatini aniqlash tajribalari bajariladi.

2.7.3. Xar bir tajriba o'tkazish uchun ko'zlangan muddatda uchtdan namuna tayyorlanadi (1 forma).

2.7.4. Qorishmani zichlash uchun 2.7.1. bo'yicha tayyorlangan namuna vibromaydonga qattiq maxkamlanadi. Bir vaqtning o'zida maydon markaziga nisbatan simmetrik ravishda joylashtirilgan 2 tadan ortiq bo'lmagan forma o'rnatiladi. Formaning balandligi bo'yicha 1 sm atrofida qorishma solinadi va vibromaydonni ishga tushiriladi. Dastlabki 2 minut oralig'ida shakldon-formaning uchta uyachasi qorishmaning kichik porsiyalari bilan to'ldiriladi. Vibratsiya-silkitish boshlanganidan 3 minut o'tganidan keyin vibromaydon o'chiriladi. Keyin

shakldon-formani vibromaydondan olinadi, xo'llangan pichoq yordamida namunalarni olinadi, tekislanadi va xar bir namunaga nomer qo'yiladi.

2.7.5. YUqoridagi 2.7.4. bo'lim bo'yicha tayyorlangan namunalarni ichimlik suv solingan vannachaga gorizontal ravishda bir-biriga yaqin qilib joylashtiriladi. Suv namunalarni ustini kamida 2 sm qalinlikda qoplab turishi kerak. Suvni xar 14 sutkada almashtirib turiladi. Suvni xarorati saqlash va almashtirish davrida $20 \pm 2^{\circ}\text{S}$ bo'lishi kerak.

2.7.6. 24 ± 2 soatda namunalarni shakldon-formadan echib olish uchun yaroqli xisoblanmasa, u xolda 48 soatdan keyin olish tavsiya etiladi, olingan ma'lumotlar ish dftarida qayd etiladi.

2.7.7. Namunalarni suvda saqlash muddati nixoyasiga etgach ular sinash ishlari uchun 1 soat oldin suvdan olinadi. Sinash ishlarini boshlashdan avval namunalarni quruq mato bilan artib, quruq xolga keltiriladi.

2.7.8. Egilishga bo'lgan mustaxkamlikni aniqlash. Namunani priborning tayanch elementlariga o'rnatiladi. Sinash ishlari pribor instituksiyasiga mos ravishda olib boriladi.

2.7.9. Egilishga bo'lgan mustaxkamlik ko'rsatkichi 3ta namunaning o'rtacha qiymatidan olinadi.

2.7.10. Siqilishga bo'lgan mustaxkamlikni aniqlash. YUqorida egilishga bo'lgan mustaxkamlikni aniqlashdan qolgan balochkalarning yarim bo'laklarini sinash mumkin. Balochkalarning yarim bo'laklarini ikki plastinka oralig'iga joylashtiriladi. Namuna plastinkalar bilan birga pressning tayanch yuzasining o'rtasiga qo'yiladi, press ishga tushiriladi. YUklamani ortish tezligi o'rtacha sekundiga 20 ± 5 kgs bo'lishi kerak. YUklama tezligini ushlab turuvchi avtomatik moslamalardan foydalanish tavsiya etiladi.

2.7.11. Siqilishga bo'lgan mustaxkamlik aloxida xar bir namuna uchun sindiruvchi yuklama kattaligi kgs birligida plastnkaning ishchi maydoniga nisbatan sm^2 da xisoblanadi (25 sm^2).

2.7.12. Siqilishga bo'lgan mustaxkamlik oltita namuna o'tkazilib, arifmetik o'rtachasi olinadi.

Differensial termik taxlil Paulik-Paulik Erdey derivatorgafida olib borildi. Temperaturani ko'tarilish tezligi 10 grad/minut. Namuna og'irligi 1 gr., maksimal temperatura -1000°S.

η DTA 1/100, η DTS 1/100, η TG 100.

Boshlang'ich quvvat 88, 1000°S t=53` TG= 51.

Rengenofazaviy taxlil DRON-2 apparatida olib borildi. Jixozning ish rejimi:

- trubka anodi – Si –mis;
- anod toki – 40 mA;
- vaqt davomiyligi – 5 s.;
- diagramma qog'ozi xarakat tezligi – 600 mm/soat
- filtri – nikelli;
- yuqori quvvatli – 50 kv;
- detektorning xarakat tezligi -1/4 min.

Derivatografik va rentgenografik taxlillar uchun namunalar 100°C xaroratda o'zgarmas og'irlikka kelgunicha quritildi va solishtirma yuzasi 490 m²/kg gacha maydalandi.

III BOB. TAJRIBA - TADQIQOT QISMI

3.1. Soda ishlab chiqarish chiqindilarini xossalarini tadqiq etish

Qo'ng'irotda soda zavodi chiqindilarining tarkibi tahlil qilindi. Distiller suyuqlik tahlili natijalari 3.1- jadval da keltirilgan.

3.1-jadval

Tajribadaqo'llanilgan distiller suyuqlik tarkibi

Komponent	Konsentratsiya, g/l
Kalsiy xlorid	115,40
Natriy xlorid	67,60
Kalsiy gidroksid	1,11
Natriy gidroksid	0,99
Kalsiy karbonat	0,60

Distiller suyuqlikni ishlatish bo'yicha tajribaviy tadqiqot o'tkazish uchun reagent sifatida 37%-li vodorod peroksidi eritmasiva 24%-li ammiak ishlatilgan.

Kalsinatsion soda ishlab chiqarishning asosiy chiqindilari – distiller suyuqliklarni ishlatish bo'yicha tajribalar turli sharoitlarda o'tkazilgan. Jumladan, dastlabki komponentlarning nisbatlarini o'zgartirganlar ($\text{CaCl}_2:\text{NH}_3$ 1,0:1,0 dan 1,0:4,0 gacha; $\text{CaCl}_2:\text{H}_2\text{O}_2$ 1,0:1,0 dan 1,0:4,0 gacha), peroksid vodorod eritmasining ishlatilish harorati (-9°C dan 25°C gacha), reaksiyaning davomiyligi (0,5 dan 10 minutgacha).

Distiller suyuqlikning ishlatilishi bo'yicha tajribaning birinchi qismi chiqimga ammiakning ortig'I ta'sirini va reaksiya mahsulotining – kalsiy peroksidning tozaligini o'rnatishga yo'l qo'yib berdi. Jadval 2 da tajribaviy tadqiqotning natijalari keltirilgan.

Distiller suyuqlik mineral tuzlarning suvli aralashmasini tashkil qiladi, uning asosiy komponentlari kalsiy xlorid (10-14%) va natriy xlorid (5-7%) lar tashkil qiladi. Pastda keltirilgan kalsiy xloridni olish va bir vaqtni ichida natriy xloridni

ajratib olish usuli ularning tuzlari bilan suvli aralashmasini konsentratsiyalashga asoslangan.

Kalsiy xlorid 1,2,4, va 6 molekula suv bilan kristallogidrat ko'rinishida kristallanadi. $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ gidrati o'z tarkibida 30-50% CaCl_2 ga ega bo'lgan aralashmalardan -55 dan $+30$ $^{\circ}\text{C}$ temperaturada kristallanadi. $29,8$ $^{\circ}\text{C}$ temperaturada u barqaror $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ tetragidrat holatiga o'tadi, u esa 50-57%li aralashmalarda $30-45$ $^{\circ}\text{C}$ interval oralig'ida kristallanadi. Digidrat kalsiy xloridi $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ konsentratsiyalangan (57% dan yuqori) aralashmalardan $45,3$ $^{\circ}\text{C}$ temperaturadan yuqori bo'lgan holatda kristallanadi. Suvsiz kalsiy xloridli aralashmadagi monogidrat 178 $^{\circ}\text{C}$ dan yuqori darajada qizdirilganda cho'kmaga tushadi. Suvsiz kalsiy xlorid uning gidratlarini 260 $^{\circ}\text{C}$ dan yuqori darajada qizdirilganda hosil bo'ladi va oq g'ovakli shaffof bo'lmagan massa ko'rinishida bo'lib 772 $^{\circ}\text{C}$ suyuqlanish temperaturasiga ega bo'ladi.

Sanoatda distiller suyuqlikdan texnik suyultirilgan kalsiy xloriddan $179-188$ $^{\circ}\text{C}$ interval oralig'ida 72 %-li aralashma atrofida oladilar. Bunday aralashmani ozgina sovutganda undan kalsiy xloridning digidrati kristallanadi. Pastroq kalsiy xloridning suvli aralashmalarini qaynash temperaturalarining konsentratsiyaga bog'liqligi ko'rsatilgan:

CaCl_2 , % (massa)	70	71	72	73
qaynash temp. $^{\circ}\text{C}$	165	168	171	173

Kalsiy xlorid

Kalsiy xlorid, CaCl_2 – xlorid kalsiyning kalsiyli tuzi. $2,15$ g/cm^3 zichlikka, t_{er} 772 $^{\circ}\text{C}$ ga ega oq kristallar. yuqori gidroskopik xossalarga ega. Eruvchanlik (100 g H_2O da) 74 (20°C) va 159 (100°C). kalsiy xloridning suvli eritmaları past haroratlarda muzlaydi (20% lisi – $18,57$ $^{\circ}\text{C}$ da, 30% lisi – 48 $^{\circ}\text{C}$ da).

Kalsiy xloridning kristallogidratlari

CaCl_2 $29,8^{\circ}\text{C}$ haroratga chidamli $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ gidrati hosil qiladi; ancha yuqori haroratlarda to'yingan eritmalaridan 4, 2 va 1 molekula H_2O li kristallogidratlari tushadi. $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ ni (58,8%) qor yoki muz (41,4%) bilan aralashtirilsa harorat 55 $^{\circ}\text{C}$ gacha pasayadi (kriogidrat nuqta).

Antarktikit deb mashhur bo'lgan tabiiy mineral kalsiy gidratning geksagidrati dastlab Antarktidada Viktoriyaning Yerida Don-Juan sho'r ko'lining tubida topilgan edi.

3.2. Soda ishlab chiqarish chiqindisi kalsiy xlorid asosida alinitsement shixtasining xisobi

Kalsiy xlorid chiqindisi sement shixtasi tarkibiga qo'shish imkoniyatlari o'rganildi. Tajribalar asosida uni sement tarkibiga 2% dan 15% gacha miqdorda qo'shildi.

Ishni bajarishda sement shixtasining tarkibi xisoblab chiqildi. SHixta tarkibi uchta komponentdan iborat bo'lganligi sababli xisoblash ishlari uch komponentli aralashmani xisoblash usuli bo'yicha olib borildi. TK=0,85 deb olindi. Ishlatiladigan xom-ashyolarning kimyoviy tarkiblari 3.2.1-jadval

jadvalda berilgan.

Sement aralashmasi tarkibi:

1. Jamansay oxaktoshi;
2. Xo'jako'l gili;
3. Kalsiy xlorid.

3.2.1-jadval

Komponentlarning kimyoviy tarkibi

Komponentlarning kimyoviy tarkibi,%									
Nomlanishi	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃ Cl	R ₂ O	TiO ₂	P.p.p.
Jamansoy oxaktoshi	3,75	1,17	0,18	54,0 5	1,01	0,1 1	0,1 2	-	40,10
Xo'jako'l gili	57,08	12,57	5,73	12,21	3,05	0,19	2,99	0,46	3,17
Kalsiy xlorid						32	-	-	-

Xisoblash ishlarida komponentlarning kimyoviy tarkiblari yig'indisini 100% ga keltiriladi. Buning uchun xar bir komponent tarkibidagi oksidlarning miqdori

bo'yicha proporsiya tuziladi. Masalan, oxaktosh tarkibida SiO_2 ning miqdori 3,75%.

$$\text{SiO}_2 - 3,75\%$$

$$3,75 - 100,49$$

$$X - 100\%$$

$$X = 3,75 \cdot 100 : 100,49 = 3,73.$$

Jamansay koni oxak toshi va Xujayli lyossi asosida portlandtsement olish imkoniyatlarini o'rgandim.

Ishni bajarishda portlandtsement shixtasining tarkibi xisoblab chiqildi. Shixta tarkibi uchta komponentdan iborat bo'lganligi sababli xisoblash ishlari uch komponentli aralashmani xisoblash usuli bo'yicha olib borildi. $\text{TK} = 0,85$ deb olindi.

Alinit sement aralashmasi tarkibi:

1. Qoraxtoy koni oxaktoshi.

2. Yarmish lyossi.

Xisoblash ishlarida komponentlarning kimyoviy tarkiblari yig'indisini 100% ga keltiriladi. Buning uchun xar bir komponent tarkibidagi oksidlarning miqdori bo'yicha proporsiya tuziladi. Masalan, oxaktosh tarkibida SiO_2 ning miqdori 3,75%.

$$\text{SiO}_2 - 3,75\%$$

$$3,75 - 100,49$$

$$X - 100\%$$

$$X = 3,75 \cdot 100 : 100,49 = 3,73.$$

Xuddi shu tartibda xamma oksidlarning miqdori aniqlab olindi. Olingan natijalar jadvalga yig'ildi. Quyidagi 3.2.1-jadvalda komponentlarning kimyoviy tarkibi yig'indisi 100% keltirilgan xolda keltiriladi

Ikki komponentli aralashmani xisoblash usuli bo'yicha:

$$a_1 = 2,8 \cdot S_1 \cdot \text{TK} + 1,65 \cdot A_1 + 0,35 \cdot \text{Fe}_1 - C_1$$

$$b_1 = 2,8 \cdot S_2 \cdot \text{TK} + 1,65 \cdot A_2 + 0,35 \cdot \text{Fe}_2 - C_2$$

$$a_2 = r \cdot \text{Fe}_1 - A_1$$

$$b_2 = r \cdot Fe_2 - A_2$$

Yuqoridagi formulalarga jadvaldagi oksidlarning miqdorini qo'yib chiqildi.

$$a_2 = 1,30 \cdot 0,17 - 1,16 = - 0,94$$

$$b_2 = 1,30 \cdot 0,62 - 16,47 = - 15,66$$

$$a_1 = 2,8 \cdot 3,73 \cdot 0,85 + 1,65 \cdot 1,16 - 0,35 \cdot 0,17 - 53,78 = - 42,93$$

$$b_1 = 2,8 \cdot 57,08 \cdot 0,85 + 1,65 \cdot 12,57 - 0,35 \cdot 0,62 - 11,76 = 145,05$$

Komponentlar nisbatini aniqlashda formuladan foydalaniladi va mazkur formulaga yuqorida topilgan qiymatlar qo'yiladi:

50,25 dan xar bir komponentning shixtadagi miqdorini aniqlanadi. Buning uchun xar bir komponent uchun proporsiya tuzamiz:

Oxak uchun

$$50,25 - 100\%$$

$$40,37 - X$$

$$X = 40,37 \cdot 100 : 50,25 = 80,34$$

Lyoss uchun

$$50,25 - 100\%$$

$$9,88 - X$$

$$X = 9,88 \cdot 100 : 50,25 = 19,66$$

Demak, portlandtsement aralashmasi tarkibi:

1. Jamansay oxagi -80,34%

2. Xo'jako'l lyossi - 19,66%

SHixta tarkibiga kalsiy xlorid chiqindisi % oxaktosh xisobidan massa tarkibiga qo'shildi. Bunda 15%gacha bo'lgan miqdorda qo'shildi. Tarkibda xloridlarning miqdori keskin ortib ketishi agregatlarning ishdan chiqishiga olib keladi.

3.3. Soda ishlab chiqarish chiqindisi asosidagi alinitsement shixtasini kuydirish

Tanlangan komponentlar aloxida aloxida laboratoriya sharli tegirmonida №008 raqamli elakdagi qoldiq 10% qolgungacha maydalandi. Keyin aralashmaning xar bir komponentlari laboratoriya tarozisida tortib olindi. Tortib olingan komponentlar birgalikda aralashtirildi. Tayyor aralashmadan diametri 20 mm, balandligi 5 mm bo'lgan silindr shakldagi namunalar 20 t/sm² bosim ostida presslash yo'li bilan tayyorlandi. Keyin namunalar 1350, 1400 va 1450°S temperaturalarda kuydirildi. Kuydirish rejimi – xar yarim soatda temperatura 100°S ga oshirib borildi. Oxirgi temperatura 30 minut davomida ushlab turildi.

Kuydirilgan tabletka-namunalar laboratoriya xovonchasida maydalandi, 3% ikki molekula suvli gips - CaSO₄ · 2H₂O bilan birga tuyildi. Tayyor namunalarni xossalari o'rganildi.

Erkin CaO miqdorini spirt-glitsirinli aniqlash usuli bo'yicha topildi. Erkin CaOni aniqlash natijalari 7-jadvalda beriladi.

3.3.1-jadval

Erkin kalsiy oksidini aniqlash natijalari

Kuydirish temperaturasi, °C	CaO _{erkin} , %
1350	0,82
1400	0,81
1450	0,80

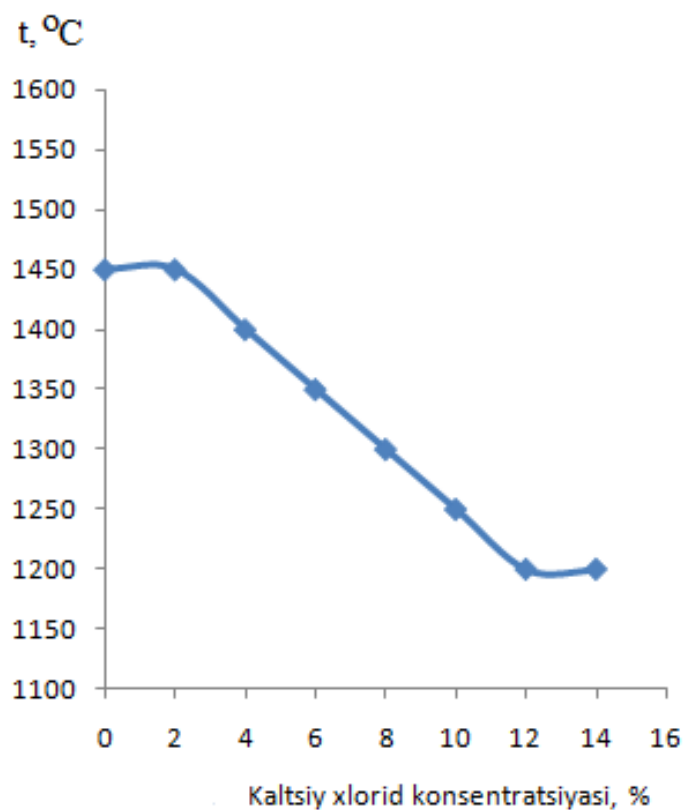
1450°C temperaturada olingan namunada erkin kalsiy oksidi miqdori 0,80 %, bu ko'rsatkich standart talablariga javob beradi.

Sementni pishish xaroratiga kalsiy xlorid konsentratsiyasi ta'sirini o'rgandik. Bunda sement klinkeri tarkibiga kalsiy xlorid xoxak miqdorini kamaytirish xisobiga kiritildi.

3.3.2-jadval

Klinkerni pishish xaroratiga kalsiy xlorid konsentratsiyasining ta'siri

№	Xom ashyo lar, %			Pishish xarorati, °C
	Jamansay oxagi	Xo'jako'lyossi	Klatsiy xlorid	
1	80,34	19,66		1450
2	78,34	16,66	2	1450
3	76,34	19,66	4	1400
4	74,34	16,66	6	1350
5	72,34	19,66	8	1300
6	70,34	16,66	10	1250
7	68,34	19,66	12	1200
8	66,34	16,66	14	1200



3.3.1-rasm. Klinkerni pishish xaroratiga kalsiy xlorid konsentratsiyasining ta'siri

Klinker tarkibida kalsiy xlorid konsentratsiyasini ortib borishi xaroratni pishish haroratini pasayishiga olib keldi lekin 1200°C dan past haroratlarda ushbu tarkiblar uchun klinker xosil bo'lmashligi aniqlandi.

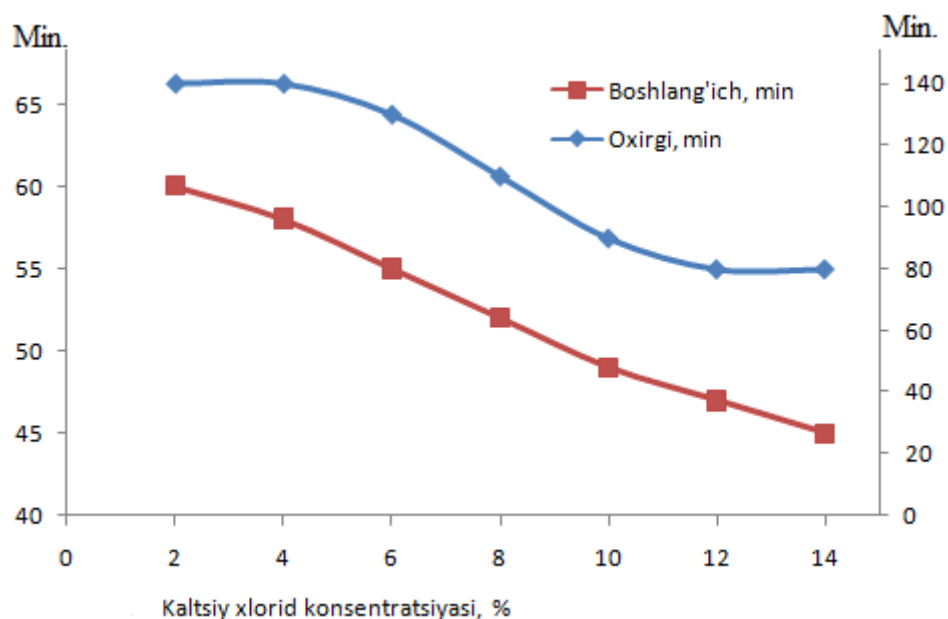
1350°C temperaturada olingan namunada erkin kalsiy oksidi miqdori 0,80 %, bu ko'rsatkich standart talablariga javob beradi.

Alitsementning qotish muddatiga kalsiy xlorid konsentratsiyasining bog'liqligi o'rganildi. Tajriba sinov natijalari quyidagi jadvalda va rasmda keltrilgan.

3.3.2-jadval

Kalsiy xlorid konsentratsiyasi alitsement qotish muddatiga ta'siri

№	Kalsiy xlorid konsentratsiyasi, %	Qotish muddati, minut	
		boshlang'ich	oxirgi
1	2	60	140
2	4	58	140
3	6	55	130
4	8	52	110
5	10	50	90
6	12	45	80
7	14	45	80



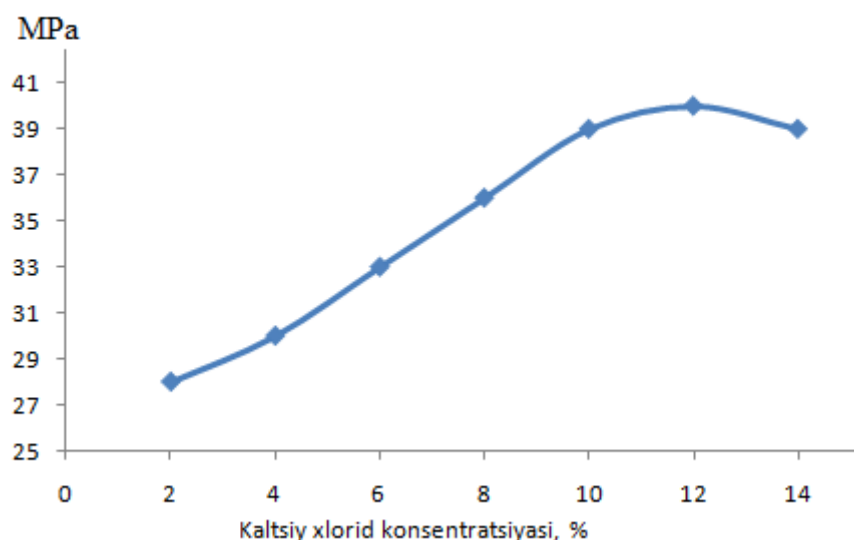
3.3.2-rasm. Kalsiy xlorid konsentratsiyasi alinitsement qotish muddatiga ta'siri

Alinit sementning mustaxkamligiga kalsiy xlorid konsentratsiyasining bog'likligi o'rganildi. Sinash ishlari 2 bobda ko'rsatilgan uslublar orqali amalga oshirildi. Sinash natijalar quyidagi jadvalda va rasmda keltirilgan.

3.3.3-jadval

Alinit sementning mustaxkamligiga kalsiy xlorid konsentratsiyasining bog'liqligi.

№	kalsiy xlorid konsentratsiyasi, %	Siqilishga chidamliligi, MPa
1	2	28
2	4	30
3	6	33
4	8	36
5	10	39
6	12	40
7	14	39



3.3.3-rasm. Alinit sementning mustaxkamligiga kalsiy xlorid konsentratsiyasining bog‘liqligi

Sement xamirining qotishiga $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ konsentratsiyasining ta’sirini o‘ragndim. Tajriba natijasiga ko‘ra 100 og‘irlik qisim sementning qatish darajasiga $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ konsentratsiyasi ta’siri o‘rganildi.

Bunda 100 og‘irlik sement kukunini tayyorlash uchun turli og‘irlik miqdorda $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ qo‘shilganda sementning qotish darajasi o‘zgarishi kuzatildi. $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ning konsentratsiyasi ortgan sayin sement qotish darajasi ortdi, lekin sement mustaxkamligi 14 %li tarkibning mexanik mustaxkamligini kamayishi kuzatildi. Sement kukinidan tayorlangan xamirning 100% li qotish darajasiga $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan maksimal miqdorda 12 g qo‘shilganda erishildi. Bunda sement mustaxkamligiga xech qanday tasir ko‘rsatmadi va boshqa xossalari xam o‘zgarishsiz qoldi.

Sment kilinkerini qotish vaqtini aniqlash uchun uning qotish darajasini o‘rgandim va unga kaltsiy xlorid kristalagidrati ning tasirini o‘rgandim.

Tajriba jarayonida sement qotish vaqtiga $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ tasiri quyidagi jadval asosida o‘zgardi va quyidagi tajriba natijalarini beradi. Bunda 100 og‘irlik qisim sement tayyorlash uchun sement kilinkeri shixtasiga 6% miqdorda $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ qo‘shildi. Olingan kilinker namunasiga tabiiy gipsdan 3% miqdorda qo‘shildi va

namuna sinaldi. Tajriba natijasiga ko'ra sement namunasining qotish darajasi 50% ni tashkil etdi.

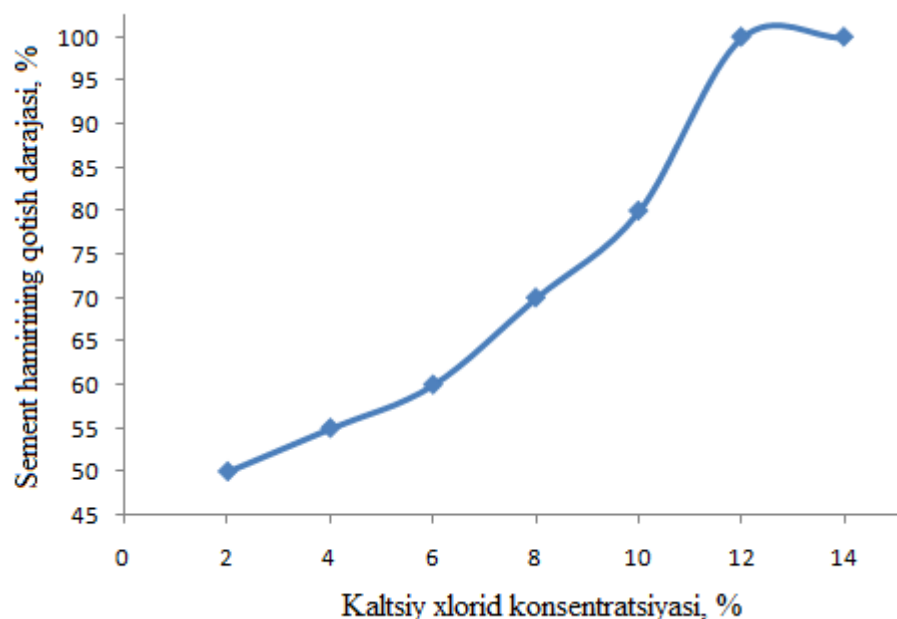
Xuddi shunday namunga 8% miqdorda $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ qoshildi va tajriba qayta sinaldi bunda sement qotish darajasi sezilarli o'zgarmadi. Va tajribani $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ miqdorini oshirgan xolda qayta o'rganildi.

Sinash davomida sement qotish darajasi 60% gacha ko'tarildi. Sement qotish darajasi $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ning konsentratsiyasi 10% li bo'lganda 80% ni tashkil etdi. Xar bir tajribada sement namunasi yetarli miqdordagi suvda qorilib olingan xamir 10 soat mobaynida qotish darajasi o'rganildi. O'tkazilgan tajribalar natijalari quyidagi - jadvalda ko'rsatib o'tildi.

3.3.5-jadval

Sementning qotish darajasiga kalsiy xlorid konsentratsiyasining ta'siri

№	kalsiy xlorid konsentratsiyasi, %	Qotish darajasi, %
1	2	50
2	4	55
3	6	60
4	8	70
5	10	80
6	12	100
7	14	100



3.3.4-Sementning qotish darajasiga kalsiy xlorid konsentratsiyasining ta'siri

Tekshiruvlar shuni ko'rsatadiki, soda ishlab chiqarish chiqindisi (kalsiy xlorid) asosida past xaroratlarda alinit semen olish imkoniyati mavjud. Laboratoriya sharoitida olingan alitsementning klinkeri pishish jarayoni portlandsemen pishish haroratidan 200-300°C past xaroratda sodir bo'lishi kuzatildi. Kalsiy xloridning sement shixtasi tarkibiga kiritilishi olinadigan maxsulotning bir qator xossalarini yaxshilash imkonini beradi. Kalsiy xlorid qo'shib olingan sementning qotish muddati oddiy portlandsementga nisbatan ancha tez (10 soat) sodir bo'ladi va bu maxsus konstruksiyalarni qurishda bir qator qulayliklar tug'diradi.

3.4. Alinit sement ishlab chiqarish texnologiyasi

Anilitli sement (TU 21-20-53-83) o'z miqdorida kalsiy xlorid bo'lgan (magniy xlorid) past termal sintezli ($1000...1200^{\circ}\text{C}$ haroratlarda kuydiriladi) alinitli klinker asosida olinadi. Klinkerda kalsiy xloridning mavjudligi yuqoriasosli kalsiy xlor silikati (alinit), shuningdek xloralyuminat, ortosilikat, kalsiy xlorferitlarni paydo bo'lishini ta'minlaydi.

Anilitli sement klinkerning sintezi uchun katalitik qo'shimcha sifatida, kuydirish haroratini $200...300^{\circ}\text{C}$ haroratgacha pasayishiga yo'l qo'yib beradigan kalsiy xlorid qo'llaniladi. Haroratni pasaytirish yoqilg'ining ishlatilishini $20...30^{\circ}\text{C}$ gacha kamayishiga olib keladi, va agregatning unumdorligini $30-40^{\circ}\text{C}$ gacha oshirib beradi. Alinitli sementni ishlab chiqarish uchun sementli klinkerni nisbatan past haroratlarda ($1000...1200^{\circ}\text{C}$ haroratda kuydirish) kuydirish yo'li bilan olinganligi sababdan bu sementning energoyo'qolishini va o'zining bahosini sezilarli darajada pasayishiga olib keladi.

Alinitli portlandsement alinitli kalsiy va gipsni birgalikda maydalash yo'li bilan oladilar. Sementda mineral qo'shimchalar miqdori $10...15\%$ gacha bo'lishiga yo'l qo'yiladi va granulalangan domennali shlaklar miqdori 20% gacha. Alinitli sement M 550, 500 va 400 markalari ishlab chiqarilgan. Buklanishda mustahkamlik chegarasi 5.5 dan 6.2 MPa gacha. Ushlab qolish boshlanishi 45 minutdan – erta emas, oxiri – bekitish vaqtidan boshlab 10 soatdan erta emas. Alinitli portlandsement bosimli armatura, ekspluatatsiyaning nam sharoitlarida va belgini o'zgarishiga va dinamik nagruzkaga uchraydigan sementdan qurilish konstruksiyasi ekspluatatsiyasi sharoitlari bilan temirbetonli konstruksiyalarida qo'llanilmaydi.

Alinitli sementlarda portlandsementnikiga qaraganda intensiv yig'ilmaning mustahkamligi erta muddatlarda. Gidrotexnik qurilishda, ya'ni kanallarni qoplash, monolit uylarni qurish va skvajinalarni sementlash uchun faol qo'llaniladi. Sementli klinkerning sintezi uchun katalitik qo'shimcha sifatida, kuydirish haroratini $200...300^{\circ}\text{C}$ haroratgacha pasayishiga yo'l qo'yib eradigan kalsiy xlorid qo'llaniladi. Haroratni pasaytirish yoqilg'ining ishlatilishini $20...30^{\circ}\text{C}$ gacha

kamayishiga olib keladi, va agregatning unumdorligini 30-40 °C gacha oshirib beradi.

Anilitli sement ishlab chiqarish ikki mustaqil jarayonga bo'linadi:

1. Klinker ishlab chiqarish
2. Klinkerni qo'shilmalar bilan birga tuyish

Birinchi jarayen juda murakkab bo'lib, uning bajarilishi katta kapital va ekspluatasion xarajatlar bilan bog'liq. Chunki portlandsement ishlab chiqarish uchun sarflanadigan jami xarajatning ko'p qismi (70...80%) klinker qiymati tashkil etadi.

Anilitli sement klinkeri ishlab chiqarishda quyidagi asosiy texnologik jarayonlar bajariladi:

Oxaktosh va gil qazib olinadi;

Xom ashyo materiallari tayyerlanadi va maydalaniladi;

Yoqilg'i tayyorlanadi;

Xom ashyo materiallari kuydiriladi.

Klinkerni tuyish va portlandsement ishlab chiqarish uchun asosan quyidagi texnologik jarayenlar bajariladi:

Qo'shilmalar tayyerlanadi;

Klinker qo'shilmalar bilan birga tuyiladi;

Portlandsement omborga joylanadi.

Talab qilingan kimyoviy tarkibli bir jinsli xom ashyo aralashmasini hosil qilish uchun uning tarkibiga kiradigan materiallarni tayyorlash kerak. Bunday aralashmani tayyorlash uchun uning tarkibiga kiradigan materiallarning xammasi mayda qilib tuyiladi va yaxshilab aralashtiriladi.

Mayda qilib tuyilgan materiallar quruqligicha yoki suvda yaxshilab aralashtirilishi mumkin. Xom ashyo materiallari suv ishtirokida tayyorlansa portlandsement ishlab chiqarish «xo'l» usul deyib, quruqligicha tayyerlansa «quruq» usul deyib ataladi. Qaysi usulni tanlash texnologik va texnik-iqtisodiy xarakterdagi birqator faktorlarga bog'liq.

Oxaktosh kondan o'lchami 500...800 mm va undan katta xarsang bo'laklar tarzda olib kyelinadi. Oxaktoshning yirik bo'laklari 100...200 mm o'lchamda, jag'li maydalagichlarda bir marta maydalanib olinadi. Xom ashyo ikkinchi Safar odatda, bolg'achali va konus maydalagichlarda 10...30 mm o'lchamgacha, so'ng oxirgi marta suyuq loy bilan shar tyegirmonlarda maydalanadi. Bu xom ashyo suvsiz maydalangandagiga nisbatan suvda yaxshi maydalanadi. Suvda maydalanganda materiallarning qattiqligi kamayadi.

Lyoss tegirmonga suyuq loy xolida uzatiladi. Oxaktosh bilan lyoss birga maydalanishi tufayli tarkibiga kiradigan materiallar juda yaxshi aralashadi. lyoss chayqatgich temir-beton bassyeyndan iborat bo'lib, uning tubi va dyevorlariga chuyan plitalar qoplangan. Tusinromga zanjirlarda po'lat xaskashlar erkin xolda osib quyilgan, maydalagichlarda bir sidra maydalab olingan gil ozdan chayqatgichga uzatiladi. Lyoss bilan birga bassyeynga suv ham qo'shiladi. Shlam chiqib kyetadigan darcha yirik loy bo'laklarni ushlab qoladigan panjara bilan byekitilgan. Suyuq loy nasoslar vositasida ta'minlagich bachoklariga uzatiladi. U yerdan aralashma o'lchov bachoklari orqali shar tyegirmonlariga yuboriladi.

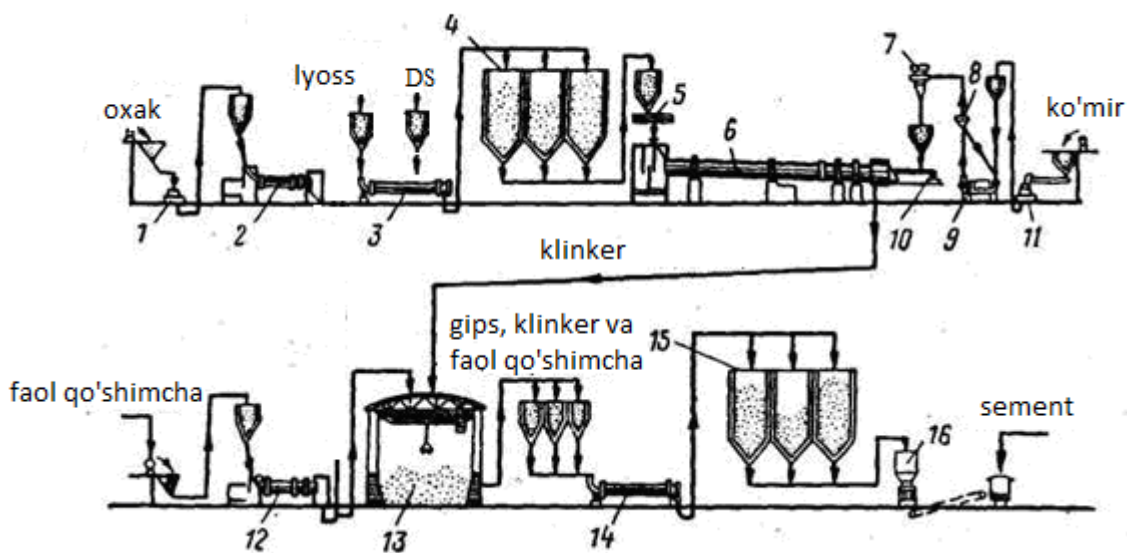
Loy tarkibidagi yirik qo'shilmalar basseyin tubiga cho'kadi va vaqti-vaqti bilan chiqarib tashlanadi. Suyuq loy tarkibidagi suv-shlam (suyuq oxaktosh va loy aralashmasi) ning namligi 34...45% ga yetganda ajratib olinadi.

Loy (gil) chayqatgich bassyeyining diamyetri 8...12 m, unumdorligi eSa 12...30 m³/soat. Elyektr dvigatyelning byelgilangan quvvati 35...60 kv. 1t portlandsemyent tayyorlash uchun 2,5...3t xom ashyo, ko'mir va klinker maydalash kyerak. SHu ishlarni bajarishga sement ishlab chiqarish uchun Sarflanadigan elyektrenyergiyasining 60...80% sarf bo'ladi.

Xom ashyo aralashmasi shlam-bassyeynlarda aralashtiriladi, tarkibi to'g'irlanadi va saqlanadi, lekin aralashtirgan zahoti zarur kimyoviy tarkibli shlam olinmaydi. SHlam tarkibi quyidagi tartibda to'g'irlanadi. SHar tigirmonlardan shlam nasoslar bilan shlam-bassyeyinlarning bittasiga haydaladi. Boshqa bassyeyinga eSa xuddi shunday yo'l bilan tayyerlangan shlam uzatiladi. Bu shlam

avvalgisidan kalsiy karbonat miqdori kam (yoki ko'p)ligi bilan farq qiladi. Shlamni yaxshilab aralashtirib bo'lingach, har qaysi basseyndagi shlamning kimyoviy tarkibi aniqlanadi va zarur kimyoviy tarkibli klinker olish uchun ikkala shlamdan qanday nisbatda olish kyerakligi byelgilanadi. SHlam byelgilangan nisbatda olingandan so'ng ikkala basseyndagi shlam nasos bilan uchinchi basseyinga solinadi. Pnyevmatik va myexanik usullardan bir vaqtning o'zida foydalanish bir jinsli shlam tayyerlashga imkon beradi.

Shlam ho'l yoki quriq usulda tayyorlangan bo'lishidan qat'iy nazar aylanma pyechlarda kuydiriladi. Xozirgi aylanma pyechlar po'lat taxtalardan yasalgan barabandan iborat. Metallni yuqori temperatura ta'miridan saqlash va issiqlik kam isrof bo'lishi uchun pyechning ichiga o'tga chidamli materiallar qoplanadi. Qoplama sifatida shamot g'isht, gil-tuproq va magnyezial o'tga chidamli g'isht ishlatiladi. Qoplama sifatida ancha arzon, o'tga chidamli beton ishlatish tajribasi ham bor. Quyida sement ishlab chiqarishning texnologik sxemasi keltirilgan.



4.1 –rasm. Sement ishlab chiqarish texnologik sxemasi

1 – jag'li maydalagich; 2 – barabanli quritkich; 3 – sharli tegirmon; 4 – aralashtirgichli saqlagich; 5 – shnekli aralashtirgich; 6 – aylanma pech; 7 – tsiklon; 8 – separator; 9 – ko'mirnimaqdalagich; 10 – ventilyator; 11 – ko'mirni kukunlash; 12 – barabanli quritkich; 13 – klinker ombori; 14 – tsementni maydalagich; 15 – sement saqlagich; 16 – qadoqlash mashinasi

Xulosalar

Kalsinirlangan soda silikat sanoati asosiy xom ashlardan biri xisoblanib, unga bo'lgan talab juda yuqori.

Bugungi kunda dunyoda Solve usulida soda ishlab chiqariladi va ishlab chiqarish jarayonning o'zida bevosita faqat birgina chiqindi kalsiy xlorid ajralib chiqadi.

Kalsiy xlorididan kimyo sanoatida foydalanish, tuproqli va shag'alli yo'llarni changsizlantirish uchun qo'llanilishi mumkin. Amaliyotda tuzli sho'r erlarni melioratsiyalash uchun, ko'mirni boyitishda, betonlarga qo'shimcha sifatida foydalanish mumkin.

Respublikamizda Markaziy osiyoda yagona bo'lgan Qo'ng'iro't soda zavodi mavjud. Zavodda amiakni reginerlash jarayonida kalsiy xlorid chiqindi sifatida ajralib chiqmoqda va bu chiqindining miqdori bugungi kunda 9000000 tannaga etgan. Bu chiqindini qayta ishlash yoki undan foydalanish yo'llarini topish dolzarb masala.

Maxalliy xom ashyolar va CaCl_2 asosida alinit sement olish imkoniyatlari o'rganildi. Tajribalar asosida uni sement tarkibiga 2% dan 15% gacha miqdorda qo'shildi va uning ta'siri u'rganildi.

Olingan alinit sementning fizik mexanik xossalari o'rganildi.

Sement shixtasi tarkibiga kalsiy xlorid (CaCl_2) qo'shilganda uning kuydirish haroratini 200-300⁰S ga pasaytirish mumkinligi aniqlandi. Bu yoqilg'i sarfini 30%ga kamaytirish va kuydirish pechlari unumdorligini oshirishga xizmat qilishi mumkin. Pastroq harorat ostiida hosil bo'luvchi klinker osonroq parchalanadi, uning asosida esa yuqori markali betonlar olish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2006 yil 15 sentyabrdagi PQ468sonli "Qo'ng'irotda soda zavodining ishga tushirilishi to'g'risida"gi qarori.
2. I.A.Karimov. "Jahon moliyaviy – iqtisodiy inqirozi, O'zbekiston sharoitida uni bartaraf etishning yo'llari va choralari".
3. Zaysev I.D., Gatkach G.A., Stoev N.D. «Proizvodstvo sodы». – M.: «Химиya»,1986g.
4. Зайцев И.Д., Гаткач Г.А., Стоев Н.Д. «Производство соды». – М.: «Химия»,1986г.
5. Шокин И.Н., Крашенников С.А. «Технология кальцинированной соды и очищенного бикарбоната натрия». – М.: «Высшая школа», 1969 г.
6. «Общая химическая технология и основы промышленной экологии». Под ред. Ксензенко. – М.: «КолосС», 2003г.
7. <http://www.komen.ru/sodak.shtml> 2012 г.
8. Ataqo'ziev T.A., Axmerov Q.A., Turobjonov S.M. Umumiy kimyoviy texnologiya. – T.: 2012. – 431 s.
9. Мотина Н.Н., Абдрахимов Ю.Р. Онекоторых подходах к теории безотходных технологий // Материалы трудов конференции молодых ученых, аспирантов и студентов . –Уфа УГНТУ, 2003.
10. Химическая технология неорганических веществ: в 2 кн. Кн.1.. Х 46 Учебное пособие / Ахметов Т.Г., Порфирьева Р.Т. и др.; Под ред. Ахметов Т.Г. М.: Высш. шк., 2002. -688с.
11. Соколов Р.С. Химическая технология. М.: Владос, 2000 340с.
12. Крашенников С.А. Технология соды. М.Химия, 1988. 304с.
13. М.Л. Варламов, С.В. Беньковский и др. Производство кальцинированной соды и поташа при комплексной переработке нефелинового сырья. М.: Химия, 1977.
- 13.Современные физические методы в геохимии. / Под ред. В.Ф. Барабанова. Л.: Изд-во ЛГУ, 1990. 391с.

14. Урусов В.С., Таусон В.Л., Акимов В.В. Геохимия твердого тела. М.:ГЕОС, 1997. 500с.
15. Бокий Г.Б. Систематика природных силикатов / Итоги науки и техники, Т.31. М.:ВИНИТИ, 1997. 190с.
16. Буллах А.Г., Кривовичев В.Г., Золотарев А.А. Формулы минералов. Термодинамический анализ в минералогии и геохимии. СПб: Изд. СПбГУ. 1995. 260с.
17. Минералы. Силикаты. Дополнения к томам III и IV. / Под ред. Г.Б. Бокия, Н.Н. Мозговой, М.Н. Соколовой. М.: Наука, 1996. Т.IV. Вып. 3. 426с.
18. Минералы. Силикаты со структурой, переходной от цепочечной к слоистой. Слоистые силикаты. / Под ред. В.Ф. Чухрова, Н.Н. Смольяниновой. М.: Наука, 1992. Т.IV. Вып. 1. 599с.
19. www.naturalstone.ru
20. www.wikipedia.org
21. www.poxod.ru
22. www.geoman.ru
23. www.ecosystema.ru
24. <http://forexaw.com>
24. Павлушкин Н.М. Основы технологии ситаллов. –Москва: Стройиздат, 1979. -С.155-162.
25. Сулейменко Л.И., Тихомирова И.Н. Основы технологии тугоплавких неметаллических силикатных материалов. –Москва: РХТУ им. Менделеева Д.И., 2000. -248 с.
26. Павлушкин Н.М. Основы получения ситаллов.– Москва: МХТИ им Д.М.Менделеева, 1967. -Часть 1. – 167 с.
27. Саркисов П.Д. Направленная кристаллизация стекла – основа получения многофункциональных стеклокристаллических материалов. – Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1997. -218 с.

28.Химическая технология стекла и ситаллов / Под ред. Н.М. Павлушкина. – Москва: Стройиздат, 1983. - 432 с.

29.Макмиллан П.У. Стеклокерамика. – Москва: Мир, 1967. – 263 с.

30.Ходаковская Р.Я. Химия титаносодержащих стекол и ситаллов. – Москва: Химия, 1978. - 285 с.

31.Стрнад З. Стеклокристаллические материалы. – Москва: Стройиздат, 1988. – 255 С.

32.Поляк В.В., Саркисов П.Д. и др. Технология строительного и технического стекла и шлакоситаллов. – Москва: Стройиздат, 1983. – 432 с.

33.Тыкачинский И.Д. Контролируемая объемная кристаллизация стекол, ситаллов и их применение // Стекло и керамика. – Москва, 1987. -№ 5; - С. 2 - 4.

34.Юсупова М.Н., Исматов А.А. Влияние минерализаторов на формирование структуры хромсодержащих производных анортита. //Узбекский химический журнал. –Ташкент, 1999. -№4. -С. 22-25.

35.Мингулова Ф.А., Юнусов М.Ю. Стеклокристаллические материалы на основе отходов обогащения свинцовых руд //Узбекский химический журнал, 1997. -№ 6. –С.59-60.

36.Павлушкин Н.М. Основы технологии ситаллов. –Москва: Стройиздат, 1979. -352 с.

37.В.А.Воробьев “Қурилиш материаллари ва деталлари”, “Ўқитувчи” Нашриёти русчадан таржима, Тошкент 1975 й, 392 б.

38.www.stroyportal.ru

39.www.dic.academic.ru

40.www.dissercat.com

41. Бутт Ю.М., Матвеев М.А. Общий курс технологии силикатов. М.: Стройиздат. Часть 1 и 2. 352 бет.

42. Отақұзиев Т.А. Боғловчи материаллар кимёвий технологияси. Тошкент. Ўқитувчи. 2005 й.
43. Отақұзиев Т.А., Э.Т.Отақұзиев, Г.О.Баймуратова Хавода қотадиган боғловчи моддаларнинг кимёвий технологияси. Ўқув қўлланма. Тошкент, “Nico Poligraf” 2010 й. 128 бет.
44. Отақұзиев Т.А., Э.Т.Отақұзиев, И.Н.Махмаёров. Боғловчи моддалар кимёвий технологияси. Ўқув қўлланма. Тошкент, “Nico Poligraf” 2010 й. 151 бет
45. Бутт Ю.М., Тимшов В.В. Химическая технология вяжущих материалов. М.: Высшая школа. 1986. 526 с.
- 46 П.Т. Антоневиц. Фазовые изменение и микроструктура глины при обжиге.
47. В.С.Горшков, В.С.Савельев, Н.Ф.Федеров. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. М.: Высшая школа. 1988. 400 с.
48. С.В.Терехович, Б.О.Есимов, Б.Т.Таймасов, Р.К.Курлакова. Сырьевая смесь для получения портландцементного клинкера // Предварительный патент РК № 59919. Оpubл. 16.03.1998. Бюлл.№2.
- 49.Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. М.: Высшая школа. 1990. 175 с.
50. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Физико-химические анализы вяжущих материалов. М.Высшая школа. 1981. 335 с.
51. Таймасов Б.Т., Куралова Р.К., Терехович С.В., Есимов Б.Л. Процессы клинкерообразования при обжиге извешково-диабазовых смесей. // Журнал Цемент. № 6., 2002.С.27-28.
52. Бутт Ю.М. Тимашев В.В. Портландцементный клинкер. Изд-во литературы по строительству. 1967. 304 с.
- 53.Л.Г.Судокс, А.Ф.Крапля, Л.Г.Берштейн и др. Влияние обжига на кристаллическую структуру и гидравлические свойства клинкера // Журнал Цемент. № 4., 1976.С.17-18.

54. Крапля А.Ф. Управление микроструктурой промышленного клинкера тепловым режимом с целью повышения гидравлической активности. Автореф... дисс.. канд.техн. наук. 1977. С.8-15.
55. А.Ф.Крапля, В.И.Михайловский, А.Н.Шейко, П.И.Мокин, Ю.П.Лукошин. Совершенствование технологии производства и повышение активности клинкера // Журнал Цемент. № 1., 1988.С.12-14.
56. А.Н.Монтянова. Малоцементная закладка на основе активных минеральных добавок // Журнал Цемент. № 6., 1988.С.21-22.
57. М.М.Сычев, Г.М.Полозоров, П.В.Зозуля, Ю.В.Хаваров. О природе гидратационной активности клинкерных минералов и цементов // Журнал Цемент., 1988.С.6-7.
57. Fierens P., Tirlocq J. Application de la thermoluminescence a l'etude de l'hydratation du silicate bicalcique// Cement and Concrete Research. 1978.V. 8. № 4. P.397-406.
58. Fierens P., Verhaegen S.P. Propriétés nucleophiles de surfaces de silicate tricalcique // Cement and Concrete Research. 1976.V.6. № 1. P.103-111.
59. Fierens P., Tirlocq S., Verhaegen S.P. Influence de la désactivation et de l'altération de centres sur la vitesses d'hydratation du silicate tricalcique // Ann. Chim. 1974. 9. № 4-6. P. 291-295.
60. Сычев М.М. Способы повышения активности клинкера и цемента // Цемент. 1985. №3. С.19-21.
61. М.М.Сычев Способы повышения активности клинкера и цемента // Цемент. 1985. №7. С.14-16.
62. Акимов В.Г., Тимашев В.В., Бойкова А.И. Определение концентрации точечных дефектов в твердых растворах трехкальциевого силиката с ZnO // Тр. МХТИ им.Д.И.Менделеева. 1976. Вып.92. С.112-115.
63. Сватовская Л.Б., Сычев М.М. Активированное твердение цементов. Л.: Стройиздат. 1983. 160 с.
64. Fierens P., Verhaegen S.P. Induction period of hydration of tricalcium silicate // Cement and Concrete Research. 1976.V.6. № 2. P. 287-292.

65. Вертопрахов В.П., Сальман Е.Г. Термостимулированные токи в неорганических веществах. Новосибирск: Нуака, 1979. 336 с.
66. Бройнлих П. Термолюминесценция и термостимулированный ток – методы определения праметров захвата // Сб.статей “Физика минералов”, М.: Мир, 1971. С.134-155.
67. П.Г.Комохов, Ю.А.Вержинский, А.П.Комохов, В.А.Чернаков. Особенности структурной механики безобжиговых алюмосиликатов // Цемент. 1990. №5. С.2-5.
68. Тарсаевич Ю.И. Строение и химия поверхности слоистых силикатов. Киев. Нуакова думка. 1988. 248 с.
69. Круглинский Н.Н. Очерки по физико-химической механике. Киев. Нуакова думка. 1988. 224 с.
70. Савтовская Л.Б., Сычев М.М. Активированное твердение цементов. Л.: Стройиздат. 1983. 160 с.
71. Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложение. Часть 1. М.: Мир. 1980. 555с.
72. Поверхностные пленки воды в дисперсных структурах // Под.ред. акад. Е. Д.Щукина. М. изд-во Московского университета, 1988. 278 с.
73. Уоррел У. Глины и керамическое сырье. М.: Мир, 1978. 238 с.
74. Вяхирев Н.П. Промежуточные формы в непрерывном ряду аморфное вещество-каолинит // Рентгенография минерального сырья. 1986. Вып.5. С.128-131.
75. Комохов П.Г. Механико-энергетические особенности структурообразования и свойства оксидных силикатных неорганических материалов. Высокотемпературная химия силикатов и оксидов. // Тез. докл. VI Всесоюз. совещ. ИХС АН Л.: Наука. С.366-367.
76. Комохов П.Г. Механико-энергетические аспекты процессов гидратации, твердения и долговечности цементного камня // Цемент, 1987. №2. С.20-22.

77. Горяйнов К.Э., Нехорошев А.В., Счастный А.В., Костенко Б.И. // Сборник трудов ЦНИИЭПсельстрой. 1971. №3. С.23-31.
78. Плугин А.Н. Электрогетерогенное взаимодействия при твердении цементных вяжущих. Автореф. дисс. д-ра хим.наук. Киев. 1989. 33 с.
79. Л.Б.Савтовская, М.М.Сычев, Л.С.Гейдарова и др. Влияние веществ с особенностями твердых кислот на свойства цемента // Цемент. 1989. №3. С.21-22.
79. Синюков В.В. Вода известная и неизвестная. М. Знание. 1987. 175 с.
80. Л.Б.Савтовская, Т.Б.Смиронова, И.М.Яхнич, В.Я.Соловьева. Возможности повышения гидратационной активности низкоосновных силикатов // Тез. докл. Всесоюзн. конф. «Фундаментальные исследование и новые технологии в строительном материаловедении». Часть 1. Белгород, 1989. С.17.
81. М.М.Сычев, Е.Н.Казанская, А.А.Марасанов, Л.С.Гейдарова, Н.Ю.Гаврилова. Использование потенциальных возможностей фосфогипса // Цемент. 1988. №7. С.13-14.
82. Урбонас Л.В. Термодинамический анализ системы C_3A -фосфогипса- H_2O // тез.докл. республиканской конф. «Интенсификация производства разработка новых технологий, изделий и материалов». Каунас, 1984. 123 с.
83. Модифицированные кремнеземы и сорбции, катализе и хромографии // под.ред. Г.В.Лисичкина. М.: Химия.1986.248 с.
84. Сычев М.М. Способы повышения активности клинкера и цемента // Цемент. 1985. №3. С.19.
85. Л.Б.Савтовская, М.М.Сычев. Активированное твердые цементов. Л.: Стройиздат.1983. 320 с.